



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Infermieristica

**TECNICHE DI RIANIMAZIONE
CARDIOPOLMARE IN AMBIENTE DI
MICROGRAVITÀ**

Relatore: Chiar.ma
Dott.ssa Marida Andreucci

Tesi di Laurea di:
Francesca Luciani

A.A. 2021/2022

*Alla mia famiglia
e alla parte di me
che pensava di non farcela.*

Indice	
Introduzione.....	1
CAPITOLO 1 – ADATTAMENTI CORPOREI AL SETTING AEROSPAZIALE.....	2
1.1 APPARATO CARDIOCIRCOLATORIO	2
1.2 APPARATO RESPIRATORIO	3
1.3 APPARATO MUSCOLO-SCHELETRICO.....	4
1.4 SALUTE MENTALE.....	6
1.5 SMS: SPACE MOTION SICKNESS.....	8
CAPITOLO 2 – LA RIANIMAZIONE CARDIOPOLMONARE IN MICROGRAVITÀ	10
2.1 THE REVERSE BEAR HUG METHOD (RBH).....	11
2.2 THE SIDE-STRAP METHOD.....	11
2.3 THE EVETTS-RUSSOMANO METHOD (ER)	12
2.4 THE HANDSTAND METHOD (HS)	13
2.5 THE WAIS STRADDLE METHOD	13
2.6 LUCAS®.....	14
CAPITOLO 3 – LO STUDIO	15
3.1 INTRODUZIONE	15
3.2 OBIETTIVO	15
3.3 MATERIALE E METODI.....	16
3.3.1 <i>Disegno di studio</i>	16
3.3.2 <i>Strategie di ricerca</i>	16
3.3.3 <i>Criteri di inclusione/esclusione</i>	16
3.3.4 <i>Screening degli articoli</i>	17
3.4 RISULTATI.....	18
3.4.1 Caratteristiche degli studi	18
3.4.2 Caratteristiche principali degli studi.....	24
3.5 DISCUSSIONE	25
3.6 CONCLUSIONI	30
3.7 IMPLICAZIONI ALLA PRATICA CLINICA.....	30
Bibliografia	32
Ringraziamenti	36

Introduzione

L'intero elaborato è coperto da copyright© pertanto non è possibile divulgare a terzi il materiale. Attraverso la bibliografia ed i dati donati dall'infermiera Linda Plush, attualmente direttore esecutivo della Space Nursing Society ed al prezioso contributo dell'infermiere Francesco Satiro, membro onorario presso la stessa associazione, vengono illustrati gli effetti del viaggio nello spazio sul corpo umano ed il ruolo dell'assistenza infermieristica spaziale. *“The effects of space travel on the body resemble some of the conditions of aging. Studying astronauts' health may improve medical care both in orbit and on the ground” (White, 1998, p. 59).* (Gli effetti del viaggio nello spazio sul corpo ricordano alcune delle condizioni dell'invecchiamento. Studiare la salute degli astronauti può migliorare l'assistenza medica sia in orbita che a terra). Le informazioni provengono da documenti cartacei in lingue inglese di origine governativa e da materiale fornito tramite casella di posta elettronica. Poiché all'interno dell'ambiente extraterrestre, una moltitudine di processi esogeni ed endogeni potrebbe potenzialmente avere un impatto sulla salute umana in diversi modi, verrà fatta luce sulle conseguenze su apparati come il cardiocircolatorio, il respiratorio, il muscolo-scheletrico, senza tralasciare l'impatto non indifferente sulla salute mentale; verrà presentata inoltre la SMS, ovvero la Space Motion Sickness che colpisce molti astronauti ed il ruolo della figura infermieristica (Krittanawong et al., 2022). Prendendo in considerazione anche un dispositivo meccanico, verranno analizzate le attuali tecniche di rianimazione cardiopolmonare ed i limiti ad esse legate poiché, in ambiente extraterrestre, anche le nozioni della medicina più assodate vengono messe in dubbio.

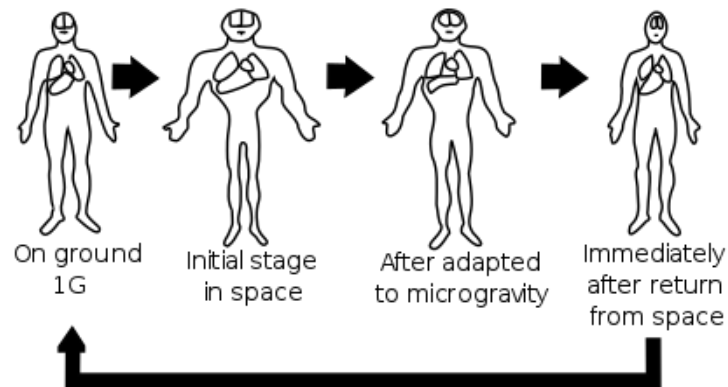


CAPITOLO 1 – ADATTAMENTI CORPOREI AL SETTING AEROSPAZIALE

1.1 APPARATO CARDIOCIRCOLATORIO

Molteplici sono gli effetti dell'assenza di gravità che si verificano a livello del cuore e riguardo i fluidi corporei. Entro pochi minuti dall'arrivo in un ambiente di microgravità le vene del collo ed il viso cominciano a diventare gonfi. Tutto questo si verifica perché i fluidi del corpo non hanno più peso. Circa il 60% del peso di una persona è costituito da acqua, contenuta nelle cellule del corpo (liquido intracellulare), nelle arterie e nelle vene (plasma sanguigno) e negli spazi tra i vasi sanguigni e le cellule (liquido interstiziale). Nel sistema vascolare la pressione sanguigna aumenta in modo idrostatico e l'effetto idrostatico influisce sulla distribuzione dei fluidi all'interno del corpo, aumentando la quantità di sangue che fuoriesce dai capillari nello spazio interstiziale. Nello spazio però la pressione idrostatica scompare ed i fluidi si ridistribuiscono dalla parte inferiore a quella superiore del corpo: questo processo si completa entro 7-10 giorni. Inizialmente, questo spostamento verso la testa aumenta il volume centrale dei fluidi, le dimensioni cardiache (circa il 20%) e la gittata cardiaca. In seguito, porta a un bilancio negativo dei fluidi e a una riduzione del 12-20% del volume di sangue circolante, che provoca una diminuzione del volume del tratto a riposo del 10-20% e una riduzione della gittata cardiaca (*Russomano et al., 2019*). Ogni gamba perde circa un decimo del suo volume entro il primo giorno e le gambe rimangono poi più piccole per tutto il tempo trascorso nello Spazio. Il sangue convogliato verso la parte superiore del corpo può determinare inoltre ispessimenti della tonaca media carotidea (*Arbeille et al., 2016*). Mentre i fluidi si spostano, il corpo si adatta ridistribuendo ulteriormente l'acqua tra i suoi compartimenti e questi spostamenti di liquidi innescano a loro volta una cascata di meccanismi che regolano i livelli di liquidi ed elettroliti come, ad esempio, il tasso di filtrazione renale che aumenta quasi del 20% e che rimane a questo livello per la prima settimana nello Spazio (*White, 1998*). Al rientro sulla terra il sangue torna rapidamente dalla parte superiore a quella inferiore del corpo ed in questa occasione si verificano eventi di ipotensione ortostatica che includono vertigini, palpitazioni e mancanza di respiro (*Miglis & Muppidi, 2019*).

Appare evidente come sia indispensabile il coinvolgimento degli infermieri aerospaziali per tutta la durata della missione, che va dal pre-lancio (accertamento, rilevazione parametri vitali, esami specialistici e test attitudinali) alla fine dell'atterraggio (visita finale e assistenza nel periodo di riabilitazione) (*Lavoie-Vaughan & Vaughan, 2002*).



(Distribuzione dei fluidi in microgravità, CFCF from NASA)

1.2 APPARATO RESPIRATORIO

Altri sistemi corporei sono colpiti direttamente e indirettamente dall'assenza di peso, ne è un esempio il polmone. La congestione polmonare si risolve nei primi giorni di volo con meccanismi di adattamento ma il fluido che migra verso il petto e la testa e che provoca una spiacevole congestione nasale (simile ad un raffreddore sulla Terra) si protrae per tutta la durata del volo, tranne che durante l'esercizio fisico intenso, poiché, in questa circostanza, vi è un cambiamento della pressione dei fluidi nel corpo (*White, 1998*).

Il polmone umano mostra una notevole alterazione della funzione a bassa gravità ma, tuttavia, questa alterazione non comporta cambiamenti deleteri che compromettono la funzione polmonare al ritorno sulla Terra. Una conseguenza quasi inevitabile dell'esposizione planetaria è l'esposizione alla polvere e, la combinazione di un'alterata deposizione polmonare (di polvere extraterrestre) e la possibilità che la polvere sia altamente tossica rende probabilmente l'esposizione alla polvere la più grande minaccia per i polmoni nell'esplorazione planetaria (*Prisk, 2019*).

Lo stress da decompressione invece, associato all'attività extraveicolare (EVA o passeggiata spaziale) non sembra compromettere la funzione polmonare ma espone comunque gli astronauti al rischio di malattia da decompressione che è caratterizzata dalla presenza di bolle di azoto a livello del sangue e dei tessuti. Il trattamento della malattia prevede la terapia ricomprensiva (somministrazione di ossigeno al 100%) ed abbondante idratazione. In questa occasione l'infermiere aerospaziale potrebbe dedicarsi alla somministrazione dei liquidi; di recente è stata proposta la tesi dell'utilizzo dei PICC come soluzione per l'infusione di farmaci, alimenti e liquidi in generale per la protezione degli astronauti anche in situazioni di emergenza (*Satiro & La Greca, in press*).

1.3 APPARATO MUSCOLO-SCHELETRICO

Una terza serie di effetti causati dall'assenza di peso riguarda i muscoli e le ossa tanto che le persone che viaggiano nello spazio per un periodo di tempo prolungato tornano a casa con una minore quantità di entrambi. In assenza di gravità, le forze all'interno degli elementi strutturali del corpo cambiano drasticamente e poiché la colonna vertebrale non è più compressa, le persone diventano più alte (circa 5 cm). I polmoni, il cuore e gli altri organi all'interno del torace non hanno peso e, di conseguenza, la gabbia toracica e il torace si rilassano e si espandono. Allo stesso modo, scompaiono i pesi di fegato, milza, reni, stomaco e intestino. Nel frattempo, i muscoli e le ossa vengono utilizzati in modi diversi. Il muscolo scheletrico, il tessuto più grande del corpo, serve a sostenere la nostra postura eretta e a muovere le parti del corpo ma nello spazio, i muscoli utilizzati per il supporto antigravitazionale a terra non sono più necessari a tale scopo ed inoltre, i muscoli utilizzati per muoversi all'interno di una capsula sono diversi da quelli utilizzati per camminare in un corridoio. Di conseguenza, alcuni muscoli si atrofizzano rapidamente. Allo stesso tempo, la natura del muscolo stesso si modifica, passando da alcune fibre a contrazione lenta, utili per il supporto contro la gravità, a fibre contrattili più veloci, utili per una risposta rapida. Nessuno di questi cambiamenti rappresenta un problema per i viaggiatori spaziali, a patto che svolgano solo lavori leggeri. La prevenzione dell'atrofia muscolare necessaria per il lavoro pesante durante le passeggiate nello spazio e la conservazione dei muscoli per un ritorno sicuro sulla Terra sono oggetto di molte sperimentazioni. Anche il metabolismo osseo cambia in modo sostanziale. Studi congiunti russo-americani hanno dimostrato che i cosmonauti hanno perso massa ossea dalle vertebre inferiori, dalle anche e dalla parte superiore del femore a un tasso di circa

l'1% al mese per tutta la durata delle loro missioni. Inutile dire che questi dati sono davvero motivo di preoccupazione poiché durante il volo spaziale, la perdita di osso aumenta i livelli di calcio nell'organismo, causando potenzialmente calcoli renali e calcificazioni nei tessuti molli. A terra, la perdita di calcio osseo si arresta entro un mese, ma una parte della perdita ossea potrebbe essere irreversibile, ed in questo caso gli ex-astronauti saranno sempre più inclini a fratture ossee. Una missione Spacelab del 1996 è stata in parte dedicata a queste domande. Queste incertezze rispecchiano quelle della nostra comprensione del funzionamento del corpo qui sulla Terra. Per esempio, dopo la menopausa le donne sono soggette a una perdita di massa ossea, ovvero l'osteoporosi e gli scienziati sanno che molti fattori diversi come attività, alimentazione, vitamine ed ormoni possono essere coinvolti in questa perdita, ma non sanno ancora come i fattori agiscono e interagiscono e questa complessità rende difficile sviluppare una risposta adeguata. Finora sono stati provati vari tipi di esercizio fisico con scarsi risultati (*White, 1998*).



(L'astronauta dell'ESA Samantha Cristoforetti mentre si esercita sulla Stazione Spaziale Internazionale durante la sua missione Futura nel 2015, © ESA/NASA)

Si è sperimentata anche la così chiamata “Vibration Therapy” ovvero una stimolazione biomeccanica intenzionale del corpo che utilizza varie frequenze di vibrazioni con lo scopo di migliorare la salute. Dimostratasi efficace, per la sua proprietà di aumentare la massa e la densità ossea, le agenzie spaziali la utilizzano sugli astronauti che tornano sulla Terra dopo missioni spaziali di lunga durata per recuperare la massa ossea e muscolare

persa (*Singh & Varma, 2023*). Includere la figura dell'infermiere nei viaggi corrisponderebbe ad un trattamento tempestivo e mirato del dolore causato dalle possibili fratture; i farmaci per il dolore rientrano tra quelli più frequentemente usati sulla ISS, insieme a quelli per problemi di sonno e per la congestione (*Wotring, 2015*).

1.4 SALUTE MENTALE

I vari stress fisici e psicologici del volo spaziale giocano probabilmente un ruolo nell'immunodeficienza sperimentata dagli astronauti. Ne risentono anche i molteplici sistemi responsabili della quantità e della qualità del sonno poiché i livelli di illuminazione e gli orari di lavoro alterano i normali ritmi dell'organismo (l'alba e il tramonto si alternano ogni 45 minuti). Basti pensare che guardare fuori dal finestrino della navicella spaziale poco prima di andare a dormire (un'azione a cui è difficile resistere, visto il panorama) può far entrare negli occhi una quantità di luce intensa tale da innescare la risposta fisiologica sbagliata, portando a un sonno insufficiente e, con il passare del tempo, il debito di sonno si accumula. Per i lunghi viaggi nello spazio i viaggiatori devono anche affrontare il confinamento in un volume ristretto, senza possibilità di fuga, isolati dalla normale vita terrestre, vivendo con un piccolo gruppo fisso di compagni che spesso provengono da culture diverse. Queste sfide possono portare ad ansia, insonnia, depressione, tensioni nell'equipaggio e altri problemi interpersonali. Poiché questi fattori agiscono nello stesso momento in cui l'organismo si adatta ad altri cambiamenti ambientali, può non essere chiaro quali cambiamenti fisiologici derivino da quali fattori; resta quindi ancora molto lavoro da fare (*White, 1998*).

Andy Thomas ha scritto che la microgravità è "l'unica cosa che rende il volo spaziale interessante e, allo stesso tempo, molto frustrante. Può essere una gioia da sperimentare, ma può anche rendere difficile la giornata lavorativa". Nei voli spaziali di lunga durata, un astronauta non ha la libertà di andare dove vuole e quando vuole, e nessuno può "passare a trovarlo" (NASA). Per la riuscita della missione, gli astronauti devono mantenere un livello stabile ed elevato di efficienza delle prestazioni nel corso della loro permanenza nello spazio. Durante le missioni nello spazio però gli astronauti sono esposti a un ambiente pericoloso che può indurre effetti dannosi sul sistema nervoso centrale (SNC) con un impatto sulle prestazioni neurocognitive rilevanti dal punto di vista operativo. I problemi comportamentali e neurocognitivi che si verificano nello spazio

sono prevalentemente correlati a quattro diverse fonti: fattori fisici (tra cui accelerazione, microgravità, radiazioni e cicli luce/buio), fattori di abitabilità (tra cui vibrazioni, rumore, temperatura, luce e qualità dell'aria), fattori psicologici (inclusi isolamento, pericolo, monotonia e carico di lavoro) e fattori sociali o interpersonali (tra cui questioni di genere, effetti culturali, dimensioni dell'equipaggio, leadership e problemi di dominio sociale, e conflitti di personalità) (Rajeev et al., 2022).

Appare chiaro come la figura dell'infermiere, unitamente all'intero gruppo multiprofessionale, possa essere chiamata a sviluppare nuove tecniche di coping. Il concetto di coping è la capacità di fronteggiare, gestire e risolvere i problemi, ovvero l'insieme di strategie mentali e comportamentali messe in atto per affrontare una situazione stressogena, come quella che viene a crearsi all'interno della navicella spaziale. L'infermiere, attraverso supporto informatizzato, può distrarre e tranquillizzare l'astronauta, avvalendosi anche delle tecniche di ascolto attivo per migliorare la comunicazione. Ad ogni modo, è evidente che l'impatto del volo spaziale su un individuo non si esaurisce al momento del rientro fisico e che quindi l'astronauta dovrà anche fare un rientro psicologico (post-volo) alla vita sulla Terra (Peluso et al., 2022).



(L'astronauta della NASA Tracy Caldwell Dyson mentre guarda la Terra attraverso una finestra nella cupola della Stazione Spaziale Internazionale, from NASA).

1.5 SMS: SPACE MOTION SICKNESS

La cinetosi è definita come una combinazione di segni e sintomi, tra cui nausea, vomito, sudorazione, mancanza di benessere, diminuzione delle prestazioni mentali e fisiche, disorientamento e sonnolenza. Quando un viaggiatore spaziale esposto all'assenza di gravità durante una missione nell'orbita terrestre sperimenta questa costellazione di sintomi, si parla di cinetosi spaziale o SMS. La suscettibilità degli individui a soffrire di cinetosi o SMS dipende da diversi fattori. Tra questi, la sensibilità iniziale al movimento, il tasso di adattamento naturale e la capacità di mantenere l'adattamento protettivo nel lungo periodo. I sintomi più comuni sono solitamente nausea e vomito, con l'insorgenza del vomito che talvolta si verifica improvvisamente e senza nausea prodromica. Possono accompagnarsi anche eruttazioni, salivazione e flatulenza, mentre l'auscultazione dell'addome durante l'SMS mostra che i suoni e i movimenti intestinali sono ridotti o assenti. L'SMS è la condizione clinica più comune sperimentata dagli astronauti durante i primi tre giorni di un volo spaziale, colpendo circa il 70% degli uomini e delle donne che hanno volato in navicelle spaziali o durante l'esposizione alla microgravità fornita dai voli parabolici. L'effetto negativo di questa condizione sul funzionamento, sul comportamento, sul benessere e sull'umore dell'astronauta può porre ulteriori preoccupazioni in relazione alla sicurezza dell'astronauta, soprattutto se un'attività extraveicolare (EVA) dovesse essere programmata all'inizio di una missione spaziale. Per questo motivo, a meno che non si tratti di una specifica situazione di emergenza, le EVA non vengono programmate nei primi giorni di volo spaziale, allo scopo di evitare i potenziali effetti negativi della SMS. La nausea ed il vomito, in particolare, potrebbero portare a una situazione di pericolo di vita nel caso in cui un astronauta vomitasse mentre indossa una tuta da EVA. La cinetosi spaziale (SMS) risulta quindi essere un problema principalmente durante le prime 72 ore di volo nello spazio e durante le transizioni da ambienti a gravità diversa. Attualmente non esistono contromisure farmacologiche efficaci per la SMS che consentano anche di mantenere una funzione cognitiva ottimale e questo crea un dilemma per gli astronauti, perché le capacità cognitive sono particolarmente importanti durante le transizioni di gravità come, ad esempio, il decollo e l'atterraggio (Paule et al., 2004).

Rimane la necessità quindi di prevenire o ridurre ulteriormente i sintomi dell'SMS. Ulteriori ricerche dovrebbero mirare a sviluppare migliori trattamenti farmacologici e non

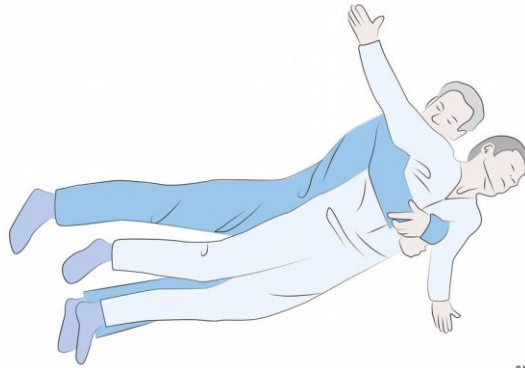
(Russomano et al., 2019). L'infermiere in questo caso può progettare accurati piani di assistenza ed interventi che mirano a prevenire e risolvere quanto possibile i problemi legati alla cinetosi spaziale *(Satiro, F., 2019)*.

CAPITOLO 2 – LA RIANIMAZIONE CARDIOPOLMONARE IN MICROGRAVITÀ

Indipendentemente dalla causa dell'arresto cardiaco, gli eventi più importanti sono universali e conformi alla catena della sopravvivenza. Questi includono il riconoscimento precoce e la chiamata di aiuto, la gestione del paziente critico in deterioramento per impedirne l'arresto cardiaco, l'immediata defibrillazione e la rianimazione cardiopolmonare (RCP) di elevata qualità con interruzioni minime delle compressioni toraciche, il trattamento delle cause reversibili e il trattamento post-rianimazione. In certe condizioni, tuttavia, gli interventi di base e avanzati di supporto delle funzioni vitali possono richiedere delle modifiche. Nel capitolo 6 delle linee guida RCP 2021 dell'European Resuscitation Council (ERC) viene affrontato l'arresto cardiaco in circostanze speciali. Tra queste rientrano gli ambienti particolari come, ad esempio, durante i trasporti (in volo, navi da crociera) (*Mentzelopoulos et al., 2021*).

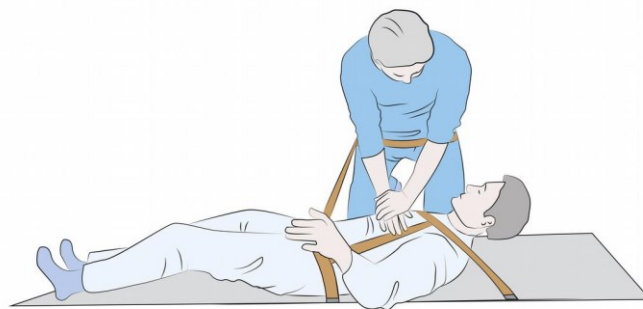
Ma a che altezza può arrivare un aereo? Il record è stato stabilito da un aereo russo nel 1977 riuscendo a toccare quota 37.650 metri (*Focus, 2002*), ben lontano dai circa 400 km della Stazione Spaziale Internazionale. È evidente come sulla Terra le linee guida circa la rianimazione cardiopolmonare siano costantemente aggiornate, mentre in microgravità la letteratura in merito sia ancora scarsa. Cosa fare quindi se qualcuno subisce un arresto cardiaco mentre fluttua in microgravità e a milioni di chilometri dall'ospedale o dall'unità di terapia intensiva più vicina? Finora sono state descritte e valutate cinque diverse tecniche di RCP nello spazio (*Hinkelbein et al., 2020*).

2.1 THE REVERSE BEAR HUG METHOD (RBH)



Il metodo dell'abbraccio dell'orso inverso (RBH) rappresenta una versione modificata della manovra di Heimlich con il soccorritore che racchiude il torace del paziente da dietro. Questa tecnica si presta alla rianimazione cardiopolmonare immediatamente sul luogo dell'arresto cardiaco, in quanto non richiede che il paziente e il soccorritore siano immobilizzati (*Hinkelbein et al., 2020*). La flessione delle braccia è utilizzata principalmente per produrre la forza necessaria per le compressioni toraciche. Il soccorritore può usare le gambe per stabilizzare sé stesso e il paziente. Il vantaggio del metodo RBH risiede nella sua semplicità di apprendimento e di applicazione. Il soccorritore può facilmente assumere una posizione dietro il paziente, trovare il punto corretto sul torace del paziente e iniziare le compressioni toraciche (*Russomano & Rehnberg, 2017*).

2.2 THE SIDE-STRAP METHOD

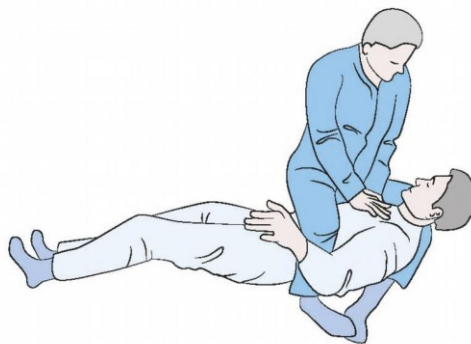


Il metodo di rianimazione cardiopolmonare in posizione standard richiede che il soccorritore e il paziente siano fissati al CMRS (Crew Medical Restraint System), ovvero un sistema di ritenuta medica dell'equipaggio nonché una superficie isolata elettricamente. Il soccorritore utilizza una cinghia intorno alla vita e una cinghia che

attraversa la parte inferiore delle gambe per mantenere la propria posizione a lato del busto del paziente. È stata una delle prime tecniche ad essere studiata durante il volo parabolico (*Hinkelbein et al., 2020*).

La tecnica standard, come suggerisce il nome, è la stessa tecnica di RCP convenzionale utilizzata sulla Terra. La differenza sta nell'uso di un'apparecchiatura per trattenere sia il soccorritore che il paziente, per evitare che entrambi si allontanino l'uno dall'altro dopo l'erogazione della forza (*Russomano & Rehnberg, 2017*).

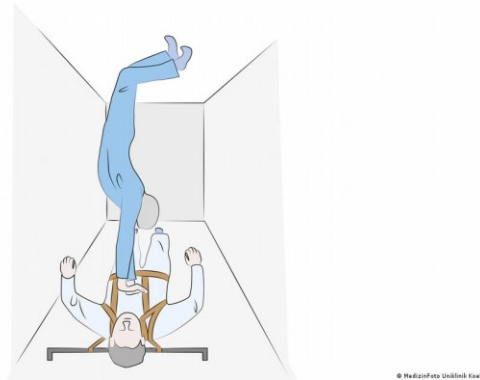
2.3 THE EVETTS-RUSSOMANO METHOD (ER)



© Medizinfoto Universal/ Kitz

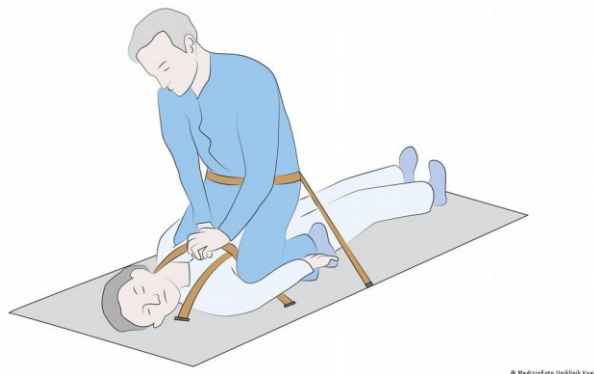
La tecnica più recente è il metodo RCP Evetts-Russomano. Essa non richiede un paziente immobilizzato ed è adatto come strumento di primo soccorso sul luogo dell'emergenza. Il soccorritore posiziona la gamba sinistra sulla spalla destra del paziente e la gamba destra intorno al busto del paziente. Incastrando le caviglie al centro della schiena del paziente, il soccorritore si attacca al paziente e può ora generare forza sul torace del paziente senza essere spinto via (*Hinkelbein et al., 2020*). La tecnica ER è forse la più difficile dal punto di vista tecnico, richiedendo potenzialmente una maggiore formazione dell'individuo rispetto agli altri metodi per garantirne l'applicazione a regola d'arte. È importante notare che, se il soccorritore si limita ad avvolgere le gambe intorno alla vita del paziente, non si ottiene una base sufficientemente solida e le compressioni toraciche applicate estendono la schiena del paziente e riducono la profondità effettiva delle compressioni (*Russomano & Rehnberg, 2017*).

2.4 THE HANDSTAND METHOD (HS)



Il metodo della verticale non richiede che il paziente sia immobilizzato sul CMRS, anche se può essere eseguito su un paziente immobilizzato. Il paziente viene posizionato con la schiena su una superficie solida della navicella. Il soccorritore appoggia quindi i piedi su una superficie adeguata sulla parete opposta, con le braccia distese sopra la testa. Con entrambe le mani posizionato correttamente sullo sterno del paziente, il soccorritore flette ed estende le anche e le ginocchia per generare la forza di compressione sul torace del paziente. Questa tecnica presenta il vantaggio di utilizzare i muscoli degli arti inferiori del soccorritore, consentendo una maggiore resistenza all'esercizio (*Hinkelbein et al., 2020*).

2.5 THE WAIS STRADDLE METHOD



Nella manovra a cavalcioni, il paziente e il soccorritore sono di nuovo entrambe attaccati al CMRS. La differenza sta nel fatto che il soccorritore si inginocchia di fronte alla vita del paziente ed esegue le compressioni toraciche sopra di lui. Ciò comporta una significativa riduzione dello spazio richiesto e potrebbe rappresentare un vantaggio in una navicella spaziale dove lo spazio è limitato (*Hinkelbein et al., 2020*).

L'esecuzione delle compressioni toraciche è identica a quella della RCP terrestre, in quanto le braccia sono tenute dritte e appoggiate sul torace (*Russomano & Rehnberg, 2017*).

2.6 LUCAS®



Il LUCAS® (Lund University Cardiac Assist System) è un dispositivo meccanico per compressione toracica facile da usare, che supporta soccorritore, personale di servizio sulle ambulanze, medici, infermieri o personale sanitario nell'effettuazione di compressioni toraciche efficaci e di qualità costante su pazienti in arresto cardiaco. LUCAS fornisce compressione toracica e decompressione attiva. In un modello di torace artificiale LUCAS ha ottenuto una pressione e un flusso superiori rispetto alla RCP manuale. LUCAS è leggero (6,5 kg), facile da maneggiare, rapido da applicare (10-20 s), mantiene una posizione corretta e funziona in modo ottimale durante il trasporto sia su barelle che in ambulanze (*Steen et al., 2002*). Appare evidente come la RCP svolta da LUCAS debba essere approfondita ulteriormente in relazione all'ambiente microgravitazionale poiché l'utilizzo di questi dispositivi automatici porta alla scomparsa di compressioni inefficaci o salti nel numero di compressioni (*Satiro et al., 2022*).

CAPITOLO 3 – LO STUDIO

3.1 INTRODUZIONE

La NASA (National Aeronautics and Space Administration) e l'ESA (Agenzia Spaziale Europea) stanno preparando l'invio di astronauti sulla Luna (missione Artemis) per preparare l'umanità al suo prossimo passo ovvero l'invio di astronauti su Marte. Il viaggio durerà fino a nove mesi per ogni tratta, causando un estremo isolamento e, quindi, di conseguenza, una totale autonomia dell'equipaggio per quasi tre anni. Durante le missioni sulla Luna e su Marte, gli equipaggi non avranno la possibilità di tornare rapidamente a terra in caso di emergenza e l'assistenza in tempo reale dalla Terra sarà limitata o impossibile a causa dei ritardi nelle comunicazioni. Dato il ritardo nella trasmissione dei dati l'evacuazione e il supporto telemedico non saranno possibili/disponibili in caso di grave emergenza medica. Sebbene finora non siano stati segnalati arresti cardiaci, il rischio teorico che si verifichi un evento cardiaco o neurologico pericoloso in microgravità rimane, anche se è basso grazie al rigoroso screening e all'ampio addestramento degli astronauti. Il rischio di condizioni acute e pericolose per la vita aumenta anche con la durata della missione e la distanza dalla Terra (*Schmitz et al., 2022*). Diventa essenziale quindi l'insegnamento delle tecniche di primo soccorso allo staff aerospaziale (già obiettivo della Space Nursing Society) per la salvaguardia dello stato di salute della squadra. Ad oggi non è assolutamente possibile trascurare questi trattamenti poichè è bene ricordare che il ritorno presso un ospedale o presso una base operativa sulla Terra è impraticabile in breve tempo. Nel presente studio si vuole andare ad esaminare la letteratura a disposizione e stimolare al tempo stesso l'interesse verso l'ambito dell'infermieristica aerospaziale.

3.2 OBIETTIVO

L'obiettivo della revisione è quello di sintetizzare gli studi disponibili relativamente ai metodi di rianimazione cardiopolmonare da mettere in pratica in ambiente di microgravità.

Il quesito di ricerca è stato sviluppato mediante il metodo PICO:

P – Paziente	Astronauta in arresto cardiocircolatorio
I – Intervento	Tecniche di rianimazione cardiopolmonare
C - Comparazione/Intervento di controllo	
O - Outcome	Efficacia delle tecniche di RCP e ROSC in microgravità

3.3 MATERIALE E METODI

3.3.1 Disegno di studio

È stata effettuata una revisione narrativa della letteratura degli studi primari indicizzati.

3.3.2 Strategie di ricerca

Per la strategia di ricerca è stato interrogato il database MEDLINE (attraverso PubMed) e l'archivio full-text NIH/NLM (attraverso PubMed Central).

La ricerca è avvenuta attraverso la combinazione delle seguenti parole chiave: *Cardiopulmonary resuscitation; space flight; weightlessness; weightlessness simulation*. Tali termini sono stati utilizzati sia per la ricerca libera che per termini MeSH, sia singolarmente che in combinazione con l'operatore booleano "AND" per formulare le seguenti stringhe di ricerca:

- "Cardiopulmonary Resuscitation" [Mesh] AND "Space Flight" [Mesh] AND "Weightlessness Simulation" [Mesh]
- "Cardiopulmonary Resuscitation" [Mesh] AND "Space Flight" [Mesh] AND "Weightlessness" [Mesh]

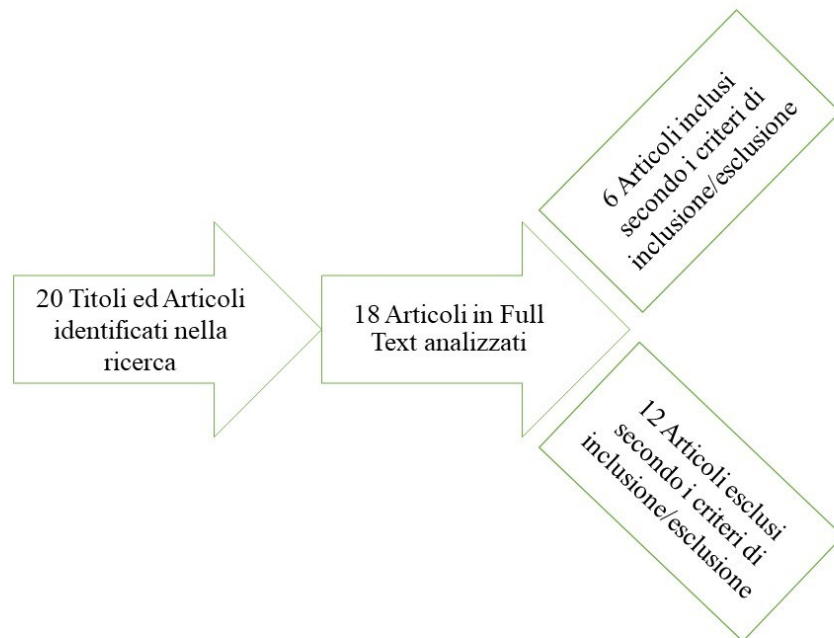
3.3.3 Criteri di inclusione/esclusione

Nella revisione sono stati inclusi tutti gli studi che riguardano le tecniche di rianimazione cardiopolmonare in ambiente aerospaziale, pubblicati in letteratura negli ultimi dieci anni.

Sono stati esclusi tutti gli studi non pertinenti al setting della microgravità e tutti quelli pubblicati prima del 2013.

3.3.4 Screening degli articoli

La selezione degli studi è stata condotta attraverso uno screening iniziale dei titoli e degli abstract al fine di identificare i potenziali articoli rilevanti. Successivamente è stato effettuato uno screening di tutti gli articoli in “Full Text” identificati come rilevanti dalla selezione iniziale. Sono stati esaminati 20 abstract e di questi ne sono stati selezionati 6.



3.4 RISULTATI

3.4.1 Caratteristiche degli studi

Le caratteristiche degli articoli sono state inserite in una tabella unica al fine di indicare: titolo, autore/i, anno di pubblicazione, rivista, disegno di studio, campione/setting, risultati principali, conclusione/limiti.

Tabella 1			
Titolo, Autore/i, anno, Disegno di studio	Campione/Setting	Risultati principali	Conclusioni/Limiti
<p>Comparison of different techniques for in microgravity—a simple mathematic estimation of cardiopulmonary resuscitation quality for space environment</p> <p>Braunecker et al., 2015</p> <p>Comparative Study</p>	<p>Per identificare le pubblicazioni rilevanti sulla qualità della rianimazione cardiopolmonare in microgravità, è stata eseguita un'analisi sistematica con criteri di ricerca definiti nel database PubMed. Per confrontare la qualità e l'efficacia delle diverse tecniche, abbiamo utilizzato il prodotto di compressione (CP), una stima matematica della gittata cardiaca.</p>	<p>Per quanto riguarda la profondità delle compressioni, la tecnica della verticale (HS) e la tecnica dell'abbraccio inverso dell'orso (RBH) hanno soddisfatto al meglio i parametri delle linee guida per la RCP in ambienti 1G. Per quanto riguarda il tasso di compressione, 4 tecniche su 5 hanno raggiunto il tasso di compressione richiesto. Il metodo HS ha mostrato la più alta gittata cardiaca, seguito dalla tecnica ER.</p>	<p>Per quanto riguarda la qualità della RCP, l'HS sembra essere il più efficace per il trattamento di un arresto cardiaco. In alcune condizioni ambientali in cui questa tecnica non può essere utilizzata, la tecnica ER è una buona alternativa perché la qualità della RCP è solo leggermente inferiore.</p>
<p>A new method for the performance of external chest compressions during hypogravity simulation</p>	<p>Dieci volontari sani hanno partecipato a questo studio. Lo studio è stato condotto presso il Microgravity Center, Pontificia</p>	<p>I partecipanti hanno completato tutte le prove (hanno eseguito 3 serie di 30 ECC in conformità con le linee guida del</p>	<p>Le linee guida del 2015 sono state raggiunte utilizzando il metodo MR CPR a 0,38Gz, senza differenze</p>

<p>Mackaill et al., 2018</p> <p>Experimental study</p>	<p>Universidade do Rio Grande do Sul (PUCRS), Brasile.</p>	<p>2015) e il tasso di ECC (external chest compression) è stato raggiunto per tutto il tempo. La profondità media delle ECC con il metodo MR CPR (Mackaill–Russomano) a 0,38Gz è stata di $54,1 \pm 0,55$ mm con bretelle; $50,5 \pm 1,7$ mm senza. Le ECC erano inferiori a 50 mm a 0,17Gz utilizzando il metodo MR CPR ($47,5 \pm 1,47$ mm con bretelle; $47,4 \pm 0,87$ mm senza). In posizione terrestre, le ECC erano più efficaci senza apparecchi ($49,4 \pm 0,26$ mm a 0,38Gz; $43,9 \pm 0,87$ mm a 0,17Gz) che con apparecchi ($48,5 \pm 0,28$ mm a 0,38Gz; $42,4 \pm 0,3$ mm a 0,17Gz). La flessione del braccio è aumentata da circa 2° a 8° rispettivamente con e senza tutori. La frequenza cardiaca non è cambiata significativamente rispetto al controllo.</p>	<p>significative con e senza bretelle. I partecipanti erano più vicini al raggiungimento della profondità ECC richiesta nella posizione terrestre senza bretelle. La profondità ECC non è stata raggiunta a 0,17Gz, a causa di una maggiore riduzione del peso corporeo effettivo. Questo studio, tuttavia, esplora le differenze tra i metodi che potrebbero essere applicati quando si raggiunge la superficie della Luna o di Marte, in quanto il metodo dovrà essere modificato per adattarsi a quella particolare condizione gravitazionale.</p>
<p>Cardiopulmonary resuscitation (CPR) during spaceflight - a guideline for CPR</p>	<p>Quattromila centosessantacinque risultati sono stati recuperati e sottoposti a</p>	<p>Raccomandiamo un approccio differenziato alla RCP in microgravità, con</p>	<p>La RCP in microgravità è fattibile e dovrebbe essere applicata secondo le linee</p>

<p>in microgravity from the German Society of Aerospace Medicine (DGLRM) and the European Society of Aerospace Medicine Space Medicine Group (ESAM-SMG)</p> <p>Hinkelbein et al., 2020</p> <p>Guidelines</p>	<p>screening consecutivo da almeno due revisori. Ciò ha portato a 88 pubblicazioni originali che sono state acquisite in versione full-text e poi apprezzate criticamente utilizzando la metodologia GRADE.</p>	<p>una suddivisione in supporto vitale di base (BLS) e supporto vitale avanzato (ALS) simile alle linee guida terrestri. In un BLS immediato, il metodo di compressione toracica di scelta è il metodo Evetts-Russomano (ER), mentre in uno scenario ALS, con il paziente immobilizzato sul Crew Medical Restraint System, dovrebbe essere applicato il metodo della verticale (HS). La gestione delle vie aeree deve essere eseguita solo se sono presenti almeno due soccorritori e il paziente è stato immobilizzato. Per la gestione delle vie aeree in caso di coinvolgimento di membri dell'equipaggio non addestrati all'intubazione tracheale (TI), si deve utilizzare un dispositivo per vie aeree sovraglottiche.</p>	<p>guida terrestri dell'AHA/ERC in relazione alle affermazioni fondamentali, come il riconoscimento e l'azione urgenti, l'attenzione alle compressioni toraciche di alta qualità, la profondità delle compressioni e il rapporto compressione-ventilazione. Tuttavia, le circostanze speciali presentate dalla microgravità e dal volo spaziale devono essere prese in considerazione per quanto riguarda punti centrali come la posizione del soccorritore e i metodi per l'esecuzione delle compressioni toraciche, la gestione delle vie aeree e la defibrillazione.</p>
<p>Mechanical cardiopulmonary resuscitation in microgravity and hypergravity conditions: A</p>	<p>I dati relativi alla profondità, alla velocità, al rilascio e alla posizione delle CT (compressioni toraciche),</p>	<p>La CT meccanica è stata eseguita continuamente durante il volo; non sono state registrate compressioni</p>	<p>L'uso di un ACCD consente l'erogazione continua di CT di alta qualità in condizioni di</p>

<p>manikin study during parabolic flight</p> <p>Forti et al., 2022</p> <p>Experimental study</p>	<p>utilizzando un ACCD (automated chest compression device), sono stati raccolti continuamente durante un volo parabolico con condizioni alternate di normogravità (1 G), ipergravità (1,8 G) e microgravità (0 G), eseguito su un manichino da addestramento fissato in posizione. Per il confronto sono stati utilizzati i test di Kruskal-Wallis e Mann-Whitney U.</p>	<p>mancate o pause. La profondità media della CT ha mostrato variazioni minime ma statisticamente significative nella profondità di compressione durante le diverse fasi del volo parabolico (microgravità $49,9 \pm 0,7$, normogravità $49,9 \pm 0,5$ e ipergravità $50,1 \pm 0,6$ mm, $p < 0,001$).</p>	<p>micro- e ipergravità come quelle sperimentate nel volo parabolico. La decisione di portare un carico supplementare per un evento ad alto impatto e bassa probabilità dovrebbe essere basata sulle specifiche della missione e dello stato di salute dell'equipaggio e sulla definizione di procedure operative standard.</p>
<p>Randomized Comparison of Two New Methods for Chest Compressions during CPR in Microgravity—A Manikin Study</p> <p>Schmitz et al., 2022</p> <p>Randomized Controlled Trial, RCT</p>	<p>Uno studio randomizzato e controllato (RCT) ha confrontato due nuovi metodi per la RCP in un ambiente subacqueo free-floating. I paramedici hanno eseguito compressioni toraciche su un manichino (Ambu Man, Ambu, Germania) utilizzando due nuovi metodi per una posizione di galleggiamento libero in un disegno a gruppi paralleli. Il primo metodo (metodo Schmidt-Hinkelbein) è simile alla RCP convenzionale sulla terra, con il paziente</p>	<p>Quindici volontari (età $31,0 \pm 8,8$ anni, altezza $180,3 \pm 7,5$ cm e peso $84,1 \pm 13,2$ kg) hanno partecipato a questo studio. Rispetto al metodo di Colonia, il metodo Schmitz-Hinkelbein ha mostrato una superiorità nei tassi di compressione ($100,5 \pm 14,4$ compressioni/min), nella profondità di compressione corretta ($65 \pm 23\%$) e nei tassi complessivamente elevati di rilascio toracico corretto dopo la compressione (66% alto, 20% moderato e 13%</p>	<p>Entrambi i metodi sono fattibili senza alcuna attrezzatura e potrebbero consentire una rianimazione cardiopolmonare immediata durante un arresto cardiaco in microgravità, anche in uno scenario con un solo soccorritore. Il metodo Schmitz-Hinkelbein sembra superiore e potrebbe consentire l'erogazione di una RCP di alta qualità immediatamente dopo l'arresto cardiaco con una qualità sufficiente.</p>

	<p>in posizione supina sdraiato sulle ginocchia dell'operatore per la stabilizzazione. Il secondo metodo (metodo Colonia) è simile al primo, ma le compressioni toraciche sono condotte con un gomito mentre l'altra mano stabilizza la testa. I principali parametri di esito includevano il numero totale di compressioni toraciche (n) durante 1 minuto di RCP (tasso di compressione), il tasso di compressioni toraciche corrette (%) e il tempo di assenza di flusso (s). Lo studio è stato registrato su clinicaltrials.gov.</p>	<p>basso). Il metodo di Colonia ha mostrato tassi di profondità corretti ($28 \pm 27\%$), ma è stato associato a una velocità media di compressione inferiore ($73,9 \pm 25,5/\text{min}$) e a tassi inferiori di rilascio toracico corretto (20% alto, 7% moderato e 73% basso).</p>	
<p>Effectiveness of CPR in Hypogravity Conditions—A Systematic Review</p> <p>Overbeek et al., 2022</p> <p>Systematic Review</p>	<p>Due revisori indipendenti hanno condotto una ricerca sistematica della letteratura (PubMed, Cochrane Register of Controlled Trials, ResearchGate, National Aeronautics and Space Administration (NASA)). Sono stati inclusi solo gli studi controllati che hanno condotto la RCP secondo le</p>	<p>Sono state identificate quattro diverse pubblicazioni. Tutti gli studi hanno esaminato la fattibilità della RCP a 0,38 G, simulando la forza gravitazionale su Marte. Due studi hanno anche simulato l'ipogravità sulla Luna con una forza di 0,17 G/0,16 G. Tutti i protocolli di RCP consistevano</p>	<p>Una qualità adeguata della RCP in ipogravità può essere raggiunta solo in presenza di un maggiore sforzo fisico per compensare la perdita di peso funzionale. Senza questo sforzo supplementare, la profondità della compressione scende rapidamente al di sotto del livello guida, soprattutto per i soccorritori di</p>

	<p>linee guida dal 2010 in poi con profondità di compressione consigliate di 50 mm o superiori.</p>	<p>in sole compressioni toraciche senza ventilazione. In tutti gli studi e in tutte le condizioni di ipogravità è stato possibile mantenere una velocità di compressione superiore a 100 s. Due studi hanno mostrato una riduzione significativa della profondità di compressione in condizioni di 0,38 G (-7,2 mm/-8,71 mm) e 0,17 G (-12,6 mm/-9,85 mm), rispettivamente, con frequenze cardiache quasi simili, rispetto a condizioni di 1 G. Negli altri due studi, i partecipanti con un peso corporeo più elevato hanno potuto mantenere una profondità media quasi adeguata, mentre lo sforzo misurato dalla frequenza cardiaca (+23/+13,85 bpm) e dal VO₂max (+5,4 mL·kg⁻¹·min⁻¹) è aumentato in modo significativo.</p>	<p>peso leggero. Questo significa un affaticamento più rapido durante la rianimazione e la necessità di cambiare il rianimatore più frequentemente di quanto consigliato dalle linee guida terrestri. Tecniche alternative nella posizione a cavalcioni dovrebbero essere studiate in ipogravità.</p>
--	---	--	---

3.4.2 Caratteristiche principali degli studi

Le caratteristiche degli studi inclusi sono riassunte nella Tabella 1.

Degli studi analizzati, uno studio è comparativo (*Braunecker et al., 2015*), due studi sono sperimentali (*Mackaill et al., 2018; Forti et al., 2022*), uno studio riguarda la stesura di Linee Guida (*Hinkelbein et al., 2020*), uno studio Randomizzato Controllato (*Schmitz et al., 2022*) ed una Revisione Sistemica (*Overbeek et al., 2022*).

Gli studi descritti vanno ad indagare:

- Le diverse tecniche di rianimazione cardiopolmonare in microgravità in relazione alla qualità della rianimazione stessa (*Braunecker et al., 2015*);
- L'efficacia del metodo MR (Mackaill–Russomano) CPR nell'erogazione della RCP in ipogravità simulata, sia in ambienti gravitazionali simulati sulla Luna che su Marte, per verificare se questo metodo fosse in grado di raggiungere le linee guida del 2015 dello UK Resuscitation Council. Inoltre, lo studio mirava a confrontare l'efficacia del metodo MR CPR con la RCP terrestre in ambienti lunari e marziani simulati a 1Gz, con l'uso di bretelle per limitare la flessione del braccio e senza di esse, per determinare se ciò influenzasse la qualità della RCP erogata (*Mackaill et al., 2018*);
- Le sfide della RCP in microgravità rivedendo, analizzando e valutando le evidenze scientifiche disponibili. Per argomenti specifici per i quali non sono disponibili ricerche precedenti o lo sono in misura minima, sono stati utilizzati il parere di esperti e il consenso per generare raccomandazioni (*Hinkelbein et al., 2020*);
- Un dispositivo di compressione toracica automatizzato (ACCD) che fornisca CT di alta qualità durante la simulazione di condizioni di micro- e ipergravità (*Forti et al., 2022*);
- Due nuovi metodi di RCP in microgravità ovvero Schmitz-Hinkelbein method e Cologne method (*Schmitz et al., 2022*);
- L'efficacia e la fattibilità delle compressioni toraciche come parte della RCP secondo le attuali linee guida terrestri in condizioni di ipogravità come quelle che si incontrano sulle superfici planetarie o lunari (*Overbeek et al., 2022*).

I risultati delle ricerche mostrano miglioramenti in termini di:

- ✓ Qualità della RCP tramite metodo HS ed in alternativa metodo ER (*Braunecker et al., 2015*);
- ✓ RCP con l'uso di bretelle per limitare la flessione del braccio e senza di esse per determinare se ciò influenzasse la qualità della RCP erogata (*Mackaill et al., 2018*);
- ✓ RCP in microgravità con stesura di nuove Linee Guida che costituiscono un quadro di riferimento per la definizione delle future priorità di ricerca nella medicina spaziale d'emergenza (*Hinkelbein et al., 2020*);
- ✓ Erogazione continua di CT di alta qualità in condizioni di micro- e ipergravità tramite l'uso di ACCD (*Forti et al., 2022*);
- ✓ Metodi di RCP fattibili senza alcuna attrezzatura durante l'arresto cardiaco in microgravità, anche in uno scenario con un solo soccorritore (*Schmitz et al., 2022*);
- ✓ Tecniche alternative per un minor sforzo fisico durante l'RCP in ipogravità (*Overbeek et al., 2022*).

3.5 DISCUSSIONE

Dallo studio di Braunecker et al. del 2015 è emerso che è improbabile eseguire il BLS nello spazio con le stesse prestazioni della Terra, anche perché nello Spazio non c'è opportunità per una successiva terapia medica intensiva. Nonostante ciò, sono state ideate e testate cinque nuove tecniche di rianimazione cardiopolmonare in microgravità:

1. The Reverse Bear Hug method (RBH) → il vantaggio di questo metodo sta nella sua semplicità di apprendimento e applicazione. I dati hanno dimostrato che è un metodo efficace di RCP in microgravità simulata ma quando è stato valutato a terra per un periodo di due minuti è risultato nettamente inferiori alle attuali LG. Si tratta quindi di un metodo inefficace ed inefficiente se eseguito nel tempo, presenta inoltre un problema di ventilazione poiché il soccorritore è posizionato dietro al paziente;
2. The side-straps method → Le ricerche condotte nei voli parabolici hanno dimostrato che questo metodo richiede un grande sforzo da parte del soccorritore, che deve contrastare la forza delle compressioni toraciche. Pertanto, si è visto che

questo metodo affatica rapidamente il soccorritore, anche più del metodo HS per una sola persona;

3. The Evetts-Russomano method (ER) → il vantaggio della posizione ER è che, essendo faccia a faccia con il paziente, la ventilazione a singolo operatore è più facile. Il metodo ER fornisce una frequenza e una profondità adeguate di compressioni toraciche in base alla LG del 2005. Dati più recenti hanno dimostrato poi che i soccorritori che utilizzano il metodo ER sono leggermente al di sotto della norma in termini di profondità delle compressioni ma sono in grado di mantenere una frequenza adeguata. Lo svantaggio del metodo ER è che è tecnicamente più difficile e richiede una maggiore quantità di formazione per essere efficace; inoltre è stato riscontrato l'affaticamento del soccorritore dopo due minuti che porta ad una mancata decompressione del torace;
4. The HandStand method (HS) → secondo uno studio comparativo del 2015 Braunecker et al., per quanto riguarda la qualità della RCP questo metodo sembra essere il più efficace per l'AC poichè il soccorritore può flettere/estendere le anche mantenendo le braccia dritte e bloccate sul torace del paziente nel punto adeguato per generare la forza necessaria alle compressioni toraciche. È il meno faticoso dei cinque metodi in conformità con le più recenti LG. L'altezza del soccorritore è fondamentale per questo metodo, un soccorritore troppo basso potrebbe non essere in grado di posizionare bene i piedi sulla superficie opposta al paziente, non riuscendo così a generare una forza sufficiente per le compressioni;
5. The waist straddle method → Il vantaggio di questa posizione rispetto alla tecnica standard è che richiede meno spazio. Questo potrebbe essere un fattore importante da considerare, date le dimensioni limitate di un veicolo spaziale (*Russomano & Rehnberg, 2017*).

Dallo studio condotto da Hinkelbein et al., nel 2020 sono state emanate 22 Linee Guida:

- Raccomandazione 1: la RCP in microgravità DOVREBBE essere suddivisa in una catena di sopravvivenza composta da Basic Life Support (BLS) e Advanced Life Support (ALS).
- Raccomandazione 2: per il BLS iniziale sul luogo dell'emergenza, DOVREBBE essere applicato inizialmente il metodo Evetts-Russomano (ER). Se il soccorritore

non riesce a eseguire compressioni toraciche adeguate con il metodo ER, deve passare al metodo Reverse-Bear-Hug (RBH).

- Raccomandazione 3: non appena il paziente è stato immobilizzato sul sistema di ritenuta medica dell'equipaggio, le compressioni toraciche DOVREBBERO essere effettuate con il metodo della verticale (HS), se le dimensioni del veicolo spaziale e l'altezza dell'operatore lo favoriscono.
- Raccomandazione 4: se l'applicazione del metodo HS sembrasse impossibile, si DOVREBBE applicare il metodo di RCP con immobilizzazione utilizzando la posizione standard o a cavalcioni.
- Raccomandazione 5: un dispositivo automatico di compressione toracica POTREBBE essere utilizzato su un paziente immobilizzato (se disponibile). La sua installazione, tuttavia, non deve ritardare compressioni toraciche di alta qualità.
- Raccomandazione 6: se non fosse presente un soccorritore con una formazione approfondita sull'intubazione tracheale, per la gestione delle vie aeree DOVREBBE essere utilizzato un dispositivo per vie aeree sovraglottiche di seconda generazione.
- Raccomandazione 7: l'intubazione tracheale rimane il gold standard per assicurare le vie aeree se eseguita da un soccorritore esperto e DEVE essere eseguita in questo caso.
- Raccomandazione 8: quando si tenta l'intubazione tracheale, il paziente e il soccorritore devono essere trattenuti con il sistema di ritenuta medica dell'equipaggio.
- Raccomandazione 9: un dispositivo di aspirazione manuale DEVE essere incluso nel kit di emergenza ed essere prontamente disponibile durante la RCP, in particolare durante la gestione delle vie aeree.
- Raccomandazione 10: un defibrillatore DOVREBBE essere utilizzato solo su un paziente immobilizzato su una superficie isolata elettricamente e sicura.
- Raccomandazione 11: un defibrillatore automatico esterno (DAE), con batterie a lunga durata e piastre autoadesive a lunga durata, DOVREBBE essere conservato con l'attrezzatura di emergenza.

- Raccomandazione 12: il DAE DEVE essere dotato di un'interfaccia di facile utilizzo, di una voce con istruzioni passo-passo per il corretto posizionamento delle piastre e l'erogazione dello shock elettrico e di un dispositivo di temporizzazione per la corretta frequenza di compressioni toraciche/ventilazione.
- Raccomandazione 13: tutti i membri dell'equipaggio DEVONO essere addestrati all'uso del DAE specifico fornito durante la missione.
- Raccomandazione 14: anche se la sopravvivenza è altamente improbabile senza defibrillazione, la rianimazione cardiopolmonare DOVREBBE iniziare quando un defibrillatore non è disponibile nel veicolo spaziale, in pazienti che sembrano essere in arresto cardiaco.
- Raccomandazione 15: sebbene il tasso di sopravvivenza sia probabilmente ridotto in assenza di competenze mediche e/o di attrezzature per il supporto medico continuo in caso di ROSC in microgravità, la defibrillazione DOVREBBE essere effettuata quando appropriato.
- Raccomandazione 16: l'accesso venoso DEVE essere effettuato SOLO se durante un arresto cardiaco sono presenti più di due soccorritori e se viene eseguita una RCP di alta qualità.
- Raccomandazione 17: come prima scelta per l'applicazione di farmaci si DEVE utilizzare un'incannulazione venosa periferica.
- Raccomandazione 18: quando non è possibile stabilire un accesso venoso periferico in un paziente in arresto cardiaco in microgravità, si DEVE utilizzare la via tibiale intraossea.
- Raccomandazione 19: per l'infusione endovenosa e intraossea, DOVREBBE essere utilizzata una sacca di infusione degassata racchiusa in un sacco a pressione.
- Raccomandazione 20: in orbita terrestre bassa il supporto della telemedicina DOVREBBE essere consultato in caso di arresto cardiaco, quando sembra fattibile e sono presenti gli uomini per la sua applicazione.
- Raccomandazione 21: durante le missioni di esplorazione spaziale su Marte, il supporto della telemedicina sarà impraticabile durante la RCP a causa del ritardo di comunicazione (3-23 minuti) e DOVREBBE essere tentato solo quando sono presenti altri membri dell'equipaggio non coinvolti nel trattamento del paziente.

- Raccomandazione 22: la decisione di terminare la rianimazione DOVREBBE essere presa dal membro dell'equipaggio con la più alta qualifica medica dopo aver consultato il supporto della telemedicina. Solo se il supporto della telemedicina non è disponibile o il ritardo impedisce un rapido feedback, la decisione deve essere presa dal solo membro dell'equipaggio con la più alta qualifica medica.

3.6 CONCLUSIONI

In questo elaborato sono stati presi in considerazione studi che hanno proposto, approfondito e sperimentato le tecniche di rianimazione cardiopolmonare in ambiente di microgravità, evidenziandone i vantaggi, gli svantaggi ed i limiti (*Braunecker et al., 2015*). Sono inoltre state esaminate le più recenti Linee Guida che introducono l'implicazione di BLS, ALS, RCP, utilizzo del DAE, utilizzo di dispositivi sovraglottici di seconda generazione per la gestione delle vie aeree, accesso venoso periferico/intraosseo e somministrazione di farmaci (*Hinkelbein et al., 2020*). Da questa revisione si evince inoltre che seppur la decisione di portare un carico supplementare come un ACCD (Automated Chest Compression Device), non sia ovvia, esso consenta l'erogazione continua di CT di alta qualità anche in condizioni di microgravità e ipergravità (*Forti et al., 2022*). Ad oggi è necessario cambiare il rianimatore più frequentemente di quanto consigliato dalle linee guida terrestri poiché vi è un affaticamento più rapido durante la rianimazione in microgravità (*Overbeek et al., 2022*).

3.7 IMPLICAZIONI ALLA PRATICA CLINICA

Ad oggi, non c'è stata ancora la possibilità di applicare le sopracitate tecniche e raccomandazioni nella pratica clinica poiché non si sono realizzati eventi che ne richiedessero la messa in atto. Tuttavia, la possibilità che si verifichi un arresto cardiocircolatorio in ambiente aerospaziale è potenzialmente reale, visto anche l'incremento di domanda per i futuri voli turistici. Sia la NASA che diverse società spaziali commerciali (ad esempio, Blue Origin, SpaceX, Virgin Galactic) hanno già avviato il processo di preparazione per l'esplorazione spaziale a lunga distanza e a lunga durata e attualmente prevedono di esplorare i pianeti solari interni (ad esempio, Marte) entro il 2030. L'esplorazione spaziale comporta una grande quantità di rischi dovuti a fattori di rischio noti e sconosciuti. È quindi urgente ampliare la ricerca per determinare la reale portata delle attuali limitazioni dei viaggi spaziali a lungo termine e sviluppare potenziali applicazioni e contromisure per l'esplorazione e la colonizzazione dello spazio profondo. I ricercatori devono sfruttare le tecnologie emergenti, come l'intelligenza artificiale, per far progredire la nostra capacità diagnostica e fornire cure mediche di alta qualità nell'ambiente spaziale. (*Krittanawong et al., 2022*). Sarebbe auspicabile, pertanto,

in un futuro prossimo, che parte delle risorse economiche a disposizione vengano investite per l'introduzione e la formazione della figura dell'infermiere aerospaziale, poiché la figura infermieristica è in continua evoluzione e la sua formazione non può confinarsi solamente alle questioni del pianeta Terra. È proprio qui che l'infermiere, o più generalmente l'infermieristica, può aggregarsi alle nozioni più perspicaci della scienza tecnologica e dell'ingegneria per creare un team a sostegno dell'intera popolazione, sempre più bisognosa di maggior assistenza.

Bibliografia

Arbeille, P., Provost, R., & Zuj, K. (2016). Carotid and Femoral Artery Intima-Media Thickness During 6 Months of Spaceflight. *Aerospace medicine and human performance*, 87(5), 449–453.

Braunecker, S., Douglas, B., & Hinkelbein, J. (2015). Comparison of different techniques for in microgravity—a simple mathematic estimation of cardiopulmonary resuscitation quality for space environment. *The American journal of emergency medicine*, 33(7), 920–924.

Desai, R. I., Limoli, C. L., Stark, C. E. L., Stark, S. M. (2022) Impact of spaceflight stressors on behavior and cognition: A molecular, neurochemical, and neurobiological perspective, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Volume 138

Forti, A., van Veelen, M. J., Scquizzato, T., Dal Cappello, T., Palma, M., & Strapazzon, G. (2022). Mechanical cardiopulmonary resuscitation in microgravity and hypergravity conditions: A manikin study during parabolic flight. *The American journal of emergency medicine*, 53, 54–58.

Hinkelbein, J., Kerkhoff, S., Adler, C., Ahlbäck, A., Braunecker, S., Burgard, D., Cirillo, F., De Robertis, E., Glaser, E., Haidl, T. K., Hodkinson, P., Iovino, I. Z., Jansen, S., Johnson, K. V. L., Jünger, S., Komorowski, M., Leary, M., Mackaill, C., Nagrebetsky, A., Neuhaus, C., ... Warnecke, T. (2020). Cardiopulmonary resuscitation (CPR) during spaceflight - a guideline for CPR in microgravity from the German Society of Aerospace Medicine (DG LRM) and the European Society of Aerospace Medicine Space Medicine Group (ESAM-SMG). *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*, 28(1), 108.

Krittanawong, C., Singh, N. K., Scheuring, R. A., Urquieta, E., Bershad, E. M., Macaulay, T. R., Kaplin, S., Dunn, C., Kry, S. F., Russomano, T., Shepanek, M., Stowe, R. P., Kirkpatrick, A. W., Broderick, T. J., Sibonga, J. D., Lee, A. G., & Crucian, B. E. (2022). Human Health during Space Travel: State-of-the-Art Review. *Cells*, 12(1), 40.

- Lavoie-Vaughan, N., & Vaughan, D. (2002). NASA nurses: soar high for the space program. *Nursing Spectrum*, 3(7), 8-10.
- Mackaill, C., Sponchiado, G., Leite, A. K., Dias, P., Da Rosa, M., Brown, E. J., de Lima, J. C. M., Rehnberg, L., & Russomano, T. (2018). A new method for the performance of external chest compressions during hypogravity simulation. *Life sciences in space research*, 18, 72–79.
- Miglis, M. G., & Muppidi, S. (2019). Do astronauts get postural tachycardia syndrome? And other updates on recent autonomic research. *Clinical autonomic research : official journal of the Clinical Autonomic Research Society*, 29(3), 263–265.
- Overbeek, R., Schmitz, J., Rehnberg, L., Benyoucef, Y., Dusse, F., Russomano, T., & Hinkelbein, J. (2022). Effectiveness of CPR in Hypogravity Conditions-A Systematic Review. *Life (Basel, Switzerland)*, 12(12), 1958.
- Paule, M. G., Chelonis, J. J., Blake, D. J., & Dornhoffer, J. L. (2004). Effects of drug countermeasures for space motion sickness on working memory in humans. *Neurotoxicology and teratology*, 26(6), 825–837.
- Prisk G. K. (2019). Pulmonary challenges of prolonged journeys to space: taking your lungs to the moon. *The Medical journal of Australia*, 211(6), 271–276.
- Russomano, T., & Rehnberg, L. (2017). Extraterrestrial CPR and Its Applications in Terrestrial Medicine. InTech.
- Russomano, T., da Rosa, M., & Dos Santos, M. A. (2019). Space motion sickness: A common neurovestibular dysfunction in microgravity. *Neurology India*, 67(Supplement), S214–S218.
- Satiro, F., SPACE PICCs: Intravenous infusion on spaceflight and microgravity (in press). La Greca, A.
- Satiro, F., Vecchiet, A., Li Vigni, M. (2022). La rianimazione cardiopolmonare in microgravità, 41° Congresso Nazionale ANIARTI 2022.

Satiro, F. Un nuovo orizzonte per la professione: caratteristiche e limiti dell'infermieristica aerospaziale. Tesi di laurea in Infermieristica, Università degli Studi "G. d'Annunzio", a.a. 2018/2019 Di Marcoberardino, E.

Schmitz, J., Ahlbäck, A., DuCanto, J., Kerkhoff, S., Komorowski, M., Löw, V., Russomano, T., Starck, C., Thierry, S., Warnecke, T., & Hinkelbein, J. (2022). Randomized Comparison of Two New Methods for Chest Compressions during CPR in Microgravity-A Manikin Study. *Journal of clinical medicine*, *11*(3), 646.

Singh, A., Varma, A. R. (2023) Whole-Body Vibration Therapy as a Modality for Treatment of Senile and Postmenopausal Osteoporosis: A Review Article.

Steen, S., Liao, Q., Pierre, L., Paskevicius, A., & Sjöberg, T. (2002). Evaluation of LUCAS, a new device for automatic mechanical compression and active decompression resuscitation. *Resuscitation*, *55*(3), 285–299.

White, R. J., (1998). Weightlessness and the Human Body. *Scientific American*, 58-63.

Wotring V. E. (2015). Medication use by U.S. crewmembers on the International Space Station. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, *29*(11), 4417–4423.

Sitografia

FOCUS, Innovazione, A che altezza può arrivare un aereo? (28 giugno 2002)

Disponibile all'URL <https://www.focus.it/tecnologia/innovazione/a-che-altezza-puo-arrivare-un-aereo>(Ultimo accesso 31 marzo 2023)

Mentzelopoulos, S. D., et al., European Resuscitation Council Guidelines 2021.

Disponibile all'URL <https://www.ircouncil.it/linee-guida-rcp-2021/>(Ultimo accesso 31 marzo 2023)

NASA History Long Duration Psychology.

Disponibile all'URL <https://history.nasa.gov/SP-4225/long-duration/long.htm>(Ultimo accesso 20 marzo 2023)

Peluso, C., De Marco, I., Palazzo, V., Tarditi, C., Zappalà, A., Allasia, D. (2022) Nella mente degli astronauti. I fattori di rischio psicologico dei viaggi nello Spazio. *STATE OF MIND il Giornale delle Scienze Psicologiche*.

Disponibile all'URL <https://www.stateofmind.it/2022/07/spazio-astronauti-rischi-psicologici/>(Ultimo accesso 22 marzo 2023)

Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale va alla mia cara *Professoressa*, nonché relatrice, Marida Andreucci che ha creduto in me fin dal primo giorno, assecondando le mie scelte e guidandomi, con la sua preziosa esperienza, verso il raggiungimento di questo grande traguardo. Lei, è riuscita ad intravedere un'opportunità dove tanti altri avevano visto solo ostacoli. Grazie per il costante sostegno.

Un immenso grazie a *Francesco Satiro*, per aver condiviso con me tutte le sue conoscenze sull'Infermieristica Aerospaziale senza indugio. Sono quasi certa che questa sia solamente la prima di tante collaborazioni future.

Un grazie di vero cuore va a *Federico*, compagno di una vita. Questa mia conquista è anche un po' la tua conquista. Nei momenti di maggiore sconforto eri lì, pronto a strapparmi un sorriso e a ribadire che ce l'avrei fatta. Avevi ragione, ce l'ho fatta, ma non da sola! Il tuo sostegno è stato davvero fondamentale. Sono fortunata ad averti nella mia vita. Auguro a tutti di incontrare persone belle come te che rendano le giornate più leggere e piene di risate. Sei serenità e gioia. Grazie per tutto l'amore che mi doni ogni singolo giorno! Grazie, grazie, grazie!

Grazie alla mia *Mamma*, la mia sostenitrice numero uno, fiera sempre e comunque di ogni mia piccola conquista quotidiana. Sarai sempre il mio esempio di vita! Mi hai insegnato ad affrontare le difficoltà, a gioire delle piccole cose e a non mollare mai. Mi hai insegnato che quando ci si mette il cuore, non si sbaglia mai. Grazie per il tuo amore incondizionato mamma.

Grazie a mia *Sorella*, sempre pronta ad esultare dei miei successi. È bello sapere che sei sempre dalla mia parte, sei un regalo prezioso che la vita mi ha donato.

Grazie ai miei *Nonni*, per il vostro tempo, per i vostri sacrifici e per il vostro amore... siete un rifugio sicuro!

Grazie a te *Elisa*, per avermi sempre spronata in questi anni a fare del mio meglio e a non abbattermi davanti alle piccole sconfitte della vita.

Grazie di cuore a *Noemi*, sostenitrice dal giorno zero. Sebbene tu sappia tutto di me, continui a volermi bene... non so se sei pazza ma di certo sei un'amica meravigliosa!

Un grazie infinito va a *Germana, Monia, Adone, Monica, Gabriella, Monica e Carol* e a tutti gli Infermieri che in questi anni mi hanno accolta nelle loro realtà lavorative e mi hanno trasmesso i loro saperi con professionalità, pazienza e amore. Siete delle persone fantastiche.

Grazie *Professoressa* Valentina Simonetti, con la sua passione e la sua determinazione è riuscita a farmi crescere e a tirar fuori il meglio di me.

Un grandissimo grazie a *Martina*, che il primo giorno con un solo sguardo mi ha fatto benissimo capire che l'unico modo per sopravvivere a questo percorso sarebbe stato uno: affrontarlo insieme spalla a spalla! Conserverò con cura i tuoi messaggi scritti a mano sul cerotto di carta. È stato un viaggio tosto ma straordinario amica mia.

Grazie anche a te *Gianvito*, che fin dal primo giorno di università chiamandomi "Infermiè" mi hai incentivata involontariamente a non mollare.

Grazie a *Daniela*, per ciò che è capace di dare senza chiedere in cambio nulla, nonostante le sofferenze e le delusioni. Grazie per il tuo prezioso tempo e la dolcezza che metti in tutto quello che fai. Felice di averti nella mia vita.

Grazie *Roberto*, per aver gioito di ogni mio piccolo traguardo in questi anni.

Grazie *Lino, Daniela e Mafalda*, avete sempre fatto il tifo per me.

Grazie *Francesca, Ersilia, Gaia, Sofia* e al resto del gruppo, siete dei cugini acquisiti con i quali ho condiviso momenti divertenti e spensierati, fondamentali per affrontare questo percorso.

Grazie a tutta la famiglia *Luciani*, sono davvero felice che siate qui a gioire con me.

Grazie *Eleonora, Tina* ed *Arianna*, sostegno costante da anni. Siete preziose.

Grazie di vero cuore alla mia cara *Ilaria*, sei una certezza, sei una cosa bella, difficile da riassumere in qualche riga. Grazie perché hai visto da sempre in me l'infermiera che sono oggi. Ti voglio bene.

Grazie mia cara *Fabiola*, ho sempre percepito la tua gioia anche a chilometri di distanza. Grazie per non aver mai dubitato del bene che ti voglio, non solo come cugina, ma anche come amica.

Grazie *Marta*, per esserci anche oggi, in questo giorno così speciale per me. Grazie per aver sempre creduto in me, anche quando pensavo di non farcela, hai sempre trovato le parole giuste per rincuorarmi, te ne sarò sempre grata.

Grazie *Arianna* e grazie *Laura*, con la vostra saggezza avete arricchito la mia vita.

Grazie *Domenica*, perchè al solo pensiero del tuo nome io sorrido. Ho solo ricordi belli dei momenti vissuti insieme, grazie per le infinite risate!

Un ringraziamento speciale infine a tutti i miei *pazienti*, per i sorrisi regalati e per i “grazie” che hanno riempito il mio cuore di gioia, che mi hanno fatto capire che stavo andando nella giusta direzione.

“Quando curi una malattia puoi vincere o perdere. Quando ti prendi cura di una persona vinci sempre.”

(Patch Adams)