



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Infermieristica

**L'INFERMIERE E IL
RICONOSCIMENTO DELLE
LESIONI ATTRAVERSO LO STUDIO
DELLA CINEMATICA NEGLI
INCIDENTI STRADALI: REVISIONE
DELLA LETTERATURA**

Relatore:
Dott.ssa PAOLA GRACIOTTI

Tesi di Laurea di:
ANGELA LA MALVA

A.A. 2021/2022

INDICE

Abstract.....	1
Capitolo 1.....	3
1.1 Introduzione.....	3
1.2 Background.....	4
1.2.1 Epidemiologia del trauma.....	4
1.2.2 Il soccorso infermieristico in emergenza traumatica.....	5
1.2.3 Fondamenti di fisica e introduzione alla cinematica.....	7
1.2.4 Leggi dell'energia e del moto.....	9
1.2.5 Principio della conservazione dell'energia cinetica.....	12
1.2.6 Tempo di reazione.....	13
1.2.7 Spazio di arresto e frenata.....	13
1.2.8 Trasferimento dell'energia.....	14
1.2.9 Tipologie di collisioni.....	15
Capitolo 2.....	16
2.1 Protocollo di ricerca.....	16
2.2 Materiale e metodi.....	17
2.3 PICOM.....	17
2.4 Criteri di eleggibilità.....	18
2.5 Metodi di ricerca per l'identificazione degli studi.....	20

2.6 Selezione degli studi.....	23
2.7 Processo di raccolta e caratteristiche dei dati.....	24
Capitolo 3.....	35
3.1 Risultati.....	35
Capitolo 4.....	39
4.1 Discussione.....	39
5.2. Limiti dello studio.....	42
Capitolo 5.....	43
5.1 Conclusioni.....	43
Bibliografia.....	45
Ringraziamenti.....	49

ABSTRACT

Background

Gli incidenti stradali sono un problema di salute pubblica molto importante in quanto costituiscono una delle cause più frequenti di morte. Essi avvengono con condizioni cinematiche diverse, che possono essere spiegate grazie alle leggi dell'energia e del moto, alla legge della conservazione dell'energia cinetica, nonché dal concetto di velocità, tempo di reazione, spazio di arresto e trasferimento dell'energia. Inoltre, in base alla zona dell'auto collisa si possono classificare gli impatti in: frontali, laterali, rotatori, posteriori e cappottamenti. Le tipologie di lesioni possono avvenire in diverse sedi anatomiche, in maniera più o meno grave, e si presentano in modo differente rispetto alla tipologia dell'impatto. Ad intervenire sul luogo dell'incidente è spesso anche l'infermiere, che possiede un'apposita e specifica formazione nel fornire soccorso d'urgenza. Questa figura professionale deve essere in grado di determinare il problema dell'infortunato già prima dell'avvicinamento al paziente.

Obiettivo

Valutare la correlazione tra la cinematica dell'impatto sia frontale che da cappottamento e l'insorgenza, la tipologia e la gravità delle lesioni, nell'ambito degli incidenti stradali automobilistici. L'associazione tra questi due fattori può portare allo sviluppo di strategie predittive ed una specifica gestione delle lesioni da parte dell'infermiere soccorritore, aumentando così, la possibilità di sopravvivenza.

Metodi

È stata effettuata una ricerca utilizzando database di letteratura scientifica quali PubMed, ScienceDirect, PubMed Central e Semantic Scholar. I 21 articoli selezionati sono stati scelti utilizzando un filtro personalizzato, comprendendo studi degli ultimi 24 anni. Per la creazione della stringa di ricerca è stato utilizzato il modello PICOM. La

selezione degli studi e l'estrazione dei dati sono state eseguite utilizzando il metodo PRISMA.

Conclusioni

Dall'analisi dei dati analizzati è emerso che la cinematica dell'impatto è strettamente correlata all'insorgenza delle lesioni, alla loro gravità e tipologia. Sono stati riscontrati degli studi che delineano la tipologia di lesioni associate all'impatto frontale, tra cui le lesioni cervicali, toraciche, addominali e degli arti inferiori. Nel gruppo di comparazione sono state riscontrate altre tipologie di lesioni associate al cappottamento, localizzate soprattutto alla testa, collo, torace e colonna vertebrale. In entrambi i casi è stata rilevata una forte associazione tra l'insorgenza, la tipologia e la gravità delle lesioni e l'aumento della velocità del veicolo, quindi l'aumento del trasferimento dell'energia, la diminuzione del tempo di arresto e un maggior numero di quarti di giro compiuto dal veicolo nel cappottamento.

Capitolo 1

1.1 INTRODUZIONE

Negli ultimi anni l'incremento della motorizzazione è stato così netto da rendere l'incidente stradale una delle cause di morte più frequente. Infatti, per l'Organizzazione mondiale della Sanità sono la nona causa di morte nel mondo fra gli adulti, la prima fra i giovani di età compresa tra i 15 e i 19 anni e la seconda per i ragazzi dai 10 ai 14 e dai 20 ai 24 anni (Istituto Superiore di Sanità, 2018).

Secondo i dati dell'Istituto nazionale di statistica (ISTAT), solo nel 2018, periodo precedente alla pandemia, ci sono stati 172.553 incidenti stradali in Italia, che hanno causato 3.334 vittime e 242.919 feriti. Il 42,70% delle vittime, la maggioranza, viaggiava all'interno di autovetture. Nel 2019 e nel 2020 il tasso di incidenti è diminuito, ma ciò esclusivamente a causa della scarsa circolazione dei veicoli provocata dalla pandemia globale (Adelina Brusco' et al., 2019). La gravità e la tipologia delle lesioni causate dalla collisione, potrebbero variare rispetto alla cinematica dell'impatto avvenuto. L'obiettivo della tesi è proprio quello di indagare sulla presenza di correlazione fra questi due fattori nell'ambito degli incidenti prettamente automobilistici, poiché i più frequenti.

Gli esiti degli infortuni causati da tali incidenti, oscillano da traumi lievi sino a traumi che possono mettere a serio rischio la vita dell'infortunato, nonché provocare effetti fortemente invalidanti.

I primi a prestare soccorso sono proprio gli infermieri, sia da soli, sia in équipe con medico e autista. Questi, avranno poco tempo per rilevare e gestire le lesioni degli occupanti coinvolti, proprio per questo motivo una prima analisi deve essere effettuata valutando la scena dell'incidente.

Il risultato di questa tesi potrebbe portare dei suggerimenti su nuove metodologie di soccorso, utili a prendere decisioni opportune nel minor tempo possibile e a effettuare

una mirata rilevazione delle lesioni, aumentando la possibilità di riscontrare anche quelle occulte, che spesso sono causa di morte.

1.2 BACKGROUND

1.2.1. Epidemiologia del trauma

Il trauma è una delle cause principali di morte nei paesi sviluppati ed è motivo di frequenti ricoveri nelle terapie intensive. In particolare, è la principale causa di morte in persone di età compresa tra 1 e 44 anni ed è la quarta causa di mortalità a tutte le età, rappresentando il 6% dei decessi totali (Alan B. Marr et al., 2018). Le spese sanitarie a breve e a lungo termine e la riabilitazione comportano ogni anno una perdita di diversi miliardi di euro.

La metà di tutti i decessi per lesioni sono legati principalmente all'utilizzo di veicoli a motore (Adelina Brusco' et al., 2019).

Il 50% dei decessi si verifica entro pochi minuti dalla collisione, spesso a causa di emorragia massiva o grave danno neurologico. Un ulteriore 30% delle morti avviene entro 2 giorni a causa di una severa disfunzione neurologica. Il restante 20% delle morti avviene dopo diversi giorni o settimane consecutive al trauma, a causa di sepsi e danno multiorgano (Alan B. Marr et al., 2018).

Il meccanismo di lesione può provocare due tipologie di trauma: chiuso e penetrante. Il trauma penetrante può creare sia una cavità temporanea che una permanente ed è caratteristica delle ferite da armi da fuoco. Il trauma chiuso, al contrario, crea forze di taglio e cavitazione tipico degli incidenti stradali da veicoli a motore (Alan B. Marr et al., 2018).

Per la valutazione e la classificazione del trauma, vengono utilizzate due tipologie di scale: l'Abbreviated Injury Scale e l'Injury Severity Score.

L'Abbreviated Injury Scale (AIS) è uno strumento accettato a livello internazionale per classificare la gravità delle lesioni.

Nello specifico si basa sulla lesione anatomica, per questo aspetto differisce da altri sistemi che, al contrario, dipendono da parametri fisiologici. Per cui c'è uno ed un solo indice AIS per ciascuna lesione presa singolarmente (Thomas A., 2006). Dall'AIS deriva poi l'Injury Severity Score (ISS) per la valutazione complessiva della gravità del politraumatizzato.

L'ISS è un punteggio utilizzato in ambito medico per valutare la gravità del trauma. In particolare, analizza gli effetti combinati dei pazienti con lesioni multiple e si basa su una classificazione anatomica della gravità delle lesioni. L'ideatrice di questa scala è la professoressa Johns Hopkins, la quale capì che la gravità di un quadro clinico di un soggetto politraumatizzato non può essere considerata dalla semplice somma delle gravità delle singole lesioni da cui è affetto. Ciò perché le condizioni patologiche interagiscono tra loro, peggiorando la prognosi del paziente molto più di quanto ci si possa aspettare valutando l'impatto delle singole lesioni (WS. Cope, 1988).

1.2.2 Il soccorso infermieristico in emergenza traumatica

I servizi medici di pronto soccorso possono essere considerati come una rete di risorse umane nata per creare un'assistenza di pronto intervento completa. L'infermiere, all'interno di questa rete, ha un ruolo di primaria importanza; egli ha un'apposita e specifica formazione e abilitazione nel fornire soccorso d'urgenza sia sul luogo dell'incidente che durante il trasporto verso la struttura Ospedaliera più adeguata. Durante il soccorso l'infermiere deve garantire la propria incolumità prima di qualunque azione, sia per la propria sicurezza, sia perché avendo un ruolo indispensabile, deve tutelarsi per garantire la corretta riuscita del soccorso stesso (Tiziano Garbin, 2017). Successivamente dovrà prestare un'adeguata ed efficace assistenza adempiendo a specifici compiti:

- ricezione delle chiamate
- recarsi il più velocemente possibile sul posto.
- assicurarsi che il luogo dell'intervento sia sicuro.
- raggiungere il paziente con appositi mezzi e strumenti.

- grazie al proprio livello di formazione, essere in grado di determinare il problema dell'infortunato già prima dell'avvicinamento al paziente, considerando la cinematica dell'incidente e valutazione della scena, successivamente agire di conseguenza nel rispetto delle competenze tecnico-professionali.
- liberare e spostare l'infortunato, quando è necessario, con le tecniche raccomandate per evitare di recare danni ad egli e ad esso stesso, tramite manovre di districamento, liberazione e trasferimento in ambulanza.
- gestire i parametri vitali e il supporto delle funzioni vitali.
- scegliere la struttura più adeguata per il paziente in base alla gravità delle condizioni di quest'ultimo.

L'infermiere di area critica è dunque, un professionista che deve possedere caratteristiche fondamentali quali la preparazione specifica, competenze avanzate, l'esperienza, la professionalità e l'elasticità mentale.

1.2.3 Fondamenti di fisica e introduzione alla cinematica

Tutte le lesioni sono legate dall'interazione dell'ospite e di un oggetto in movimento. Il processo di valutazione della scena per determinare quali lesioni potrebbero derivare dalle forze e dal movimento, e quindi dall'interazione ospite-oggetto in marcia, è detto cinematica. Lo studio della cinematica in relazione al trauma utilizza la meccanica newtoniana, le leggi fisiche basilari, le proprietà delle strette anatomiche del corpo umano per spiegare molte delle lesioni e dei modelli di lesioni osservati nei traumi contusivi e penetranti. La lesione è correlata all'energia dell'elemento lesivo e all'interazione tra quell'elemento e la vittima. Sebbene la maggior parte dei pazienti subisca una serie unica di lesioni ad ogni incidente, ci sono modelli di trasferimento di energia abbastanza definibili e comprensibili che si traducono in alcune lesioni prevedibili e specifiche (Ernest E. Moore et al. 2018). Essendo che la cinematica si basa su specifiche leggi fisiche, è necessaria una comprensione accurata delle medesime per capire come si verificano i traumi a seguito di un incidente stradale.

In prima istanza è fondamentale determinare il concetto di energia cinetica: l'energia cinetica è l'energia che un corpo possiede a causa del proprio movimento ed è tipicamente rappresentata con il simbolo **K**. Per il teorema dell'energia cinetica, l'energia cinetica di un corpo equivale al lavoro necessario ad accelerare il corpo da una velocità nulla alla sua velocità, ed è pari al lavoro necessario a rallentare il corpo dalla stessa velocità ad una velocità nulla. L'unità di misura dell'energia cinetica nel Sistema Internazionale (SI) è il joule (F. Sbranchella et al., 2018).

FORMULA:

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Energia cinetica = metà della massa per quadrato della velocità. Sicché il peso e la massa della vittima sono la stessa cosa, l'energia cinetica nell'ambito degli incidenti

stradali, è in funzione del peso della vittima e della velocità del veicolo (Ernest E. Moore et al., 2018).

Quest'ultima è regolamentata da due proprietà:

1. è direttamente proporzionale alla massa del corpo;
2. è direttamente proporzionale al quadrato del modulo della sua velocità.

Pertanto, ponendo l'esempio di un soggetto di 70 kg, che viaggia ad una velocità di 100 km/h avremo che l'energia cinetica coinvolta sarà di 350.000 joule.

$$K = \frac{70}{2} 100^2 = 350.000 J$$

Saranno dunque 350.000 unità di energia ad essere coinvolte e convertite in un'altra forma al momento dell'arresto, coinvolgimento che comporterà un danno direttamente proporzionale alla trasmutazione del veicolo e all'insorgenza di lesioni nella persona. Sistemi come Air-bag e cinture di sicurezza al contrario, nascono con il compito specifico di garantire una dissipazione dell'energia, in modo tale da far sì che si arrechino meno danni possibili al conducente ed ai passeggeri.

Come già descritto in precedenza, l'energia cinetica aumenta o diminuisce al variare di velocità e massa.

All'aumentare della velocità vi è un incremento del tasso di produzione dell'energia cinetica, in modo nettamente maggiore rispetto all'aumentare della massa. Per tale motivo nel momento dell'impatto quanto più il veicolo viaggia ad una velocità elevata tanto più aumenteranno le lesioni degli occupanti e del veicolo stesso (Ernest E. Moore et al.2018)

La massa assume un ruolo importante e decisivo nel momento in cui tra i due veicoli che si scontrano, uno è di massa nettamente maggiore. In quanto il veicolo con massa e dimensioni minori subirà più danni del veicolo con massa e dimensioni maggiori.

In fisica, in primo luogo in cinematica, la velocità è una grandezza vettoriale definita come la derivata del vettore posizione rispetto al tempo (F. Sbranchella et al., 2018). Nel SI si esprime in metri al secondo m/s e la si ottiene con la formula:

$$V = \frac{s}{t}$$

Come detto precedentemente l'energia cinetica varia in funzione della velocità.

1.2.4 Leggi dell'energia e del moto

A seguire l'introduzione del concetto di energia cinetica, sono le leggi di Newton e la legge della conservazione dell'energia. Comprensione e applicazione di tali leggi fisiche seguono la raccolta dell'anamnesi degli eventi verificatisi al momento dello scontro del veicolo. Avere notizie dettagliate su tutto ciò che riguarda il periodo dell'impatto come tipologia dell'impatto, direzione, velocità, lunghezza dello spazio di arresto, eventuali oggetti urtati, utilizzo di cinture di sicurezza, apertura airbag, eiezione dal veicolo ecc. risulta essere fondamentale per l'infermiere soccorritore, il quale attraverso la comprensione del trasferimento di forze, può tradurre queste informazioni in una previsione di lesioni, nello specifico lesioni occulte, garantendo un'adeguata assistenza al paziente (Alan B. Marr et al., 2018).

PRIMA LEGGE DI NEWTON

- 1) Prima legge di Newton, definita anche '**principio di inerzia**', stabilisce:
 - un corpo in stato di quiete sul quale agiscono forze con risultante nulla rimane nel suo stato di quiete, per cui fermo;
 - un corpo in movimento (che segue un moto rettilineo uniforme) sul quale agiscono forze con risultante nulla continua il suo moto rettilineo uniforme (F. Sbranchella et al., 2018).

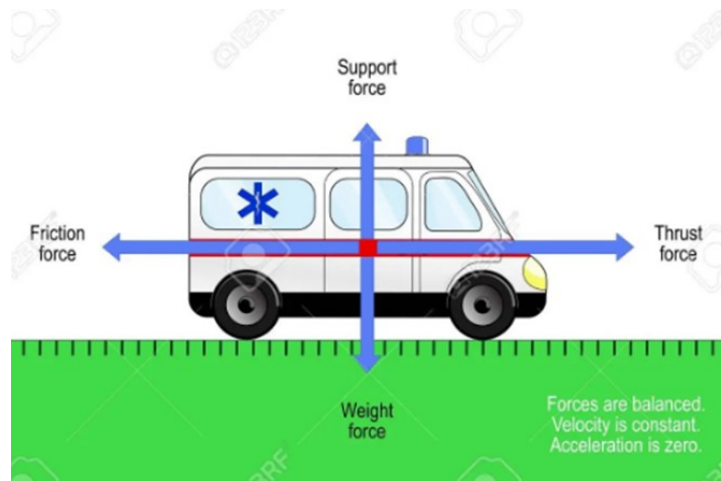


Figura 1. **Rappresentazione della prima legge di Newton.**
 Il veicolo è fermo perché la risultante delle forze applicate è uguale a 0.

Il principio per il quale il corpo rimane fermo o continua a muoversi è definito 'inerzia'. Presupposto fondamentale di tale principio è la forza nulla, ossia con risultante zero.

SECONDA LEGGE DI NEWTON

Seconda legge di Newton, definita 'legge del movimento':

- detto anche principio di proporzionalità, stabilisce che la forza agente su un corpo è direttamente proporzionale all'accelerazione e ne condivide la direzione e il verso, con costante di proporzionalità data dalla massa (Richard Feynman 2001). Formula:

$$F = ma$$

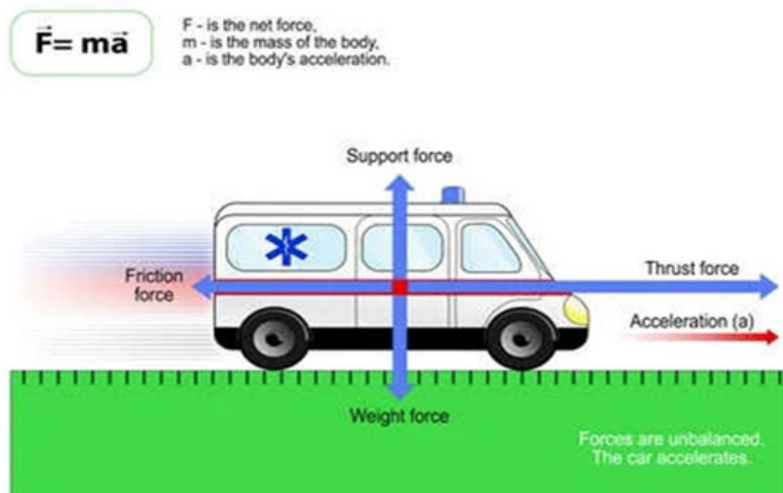


Figura 2. **Rappresentazione della seconda legge di Newton.** Il movimento del veicolo avviene poiché la forza di spinta è maggiore della forza di attrito.

TERZA LEGGE DI NEWTON

La terza legge di Newton dimostra che ad ogni forza si oppone un'altra forza, della stessa intensità e di direzione contraria (reazione);

Non si limita a spiegare la correlazione tra una forza di azione e una forza di reazione: le forze non si generano mai da sole ma sempre in coppie, ossia ad ogni azione di un corpo A su un corpo B corrisponde una reazione del corpo B su A (Richard Feynman, 2001).

$$F_{A \rightarrow B} = -F_{B \rightarrow A}$$

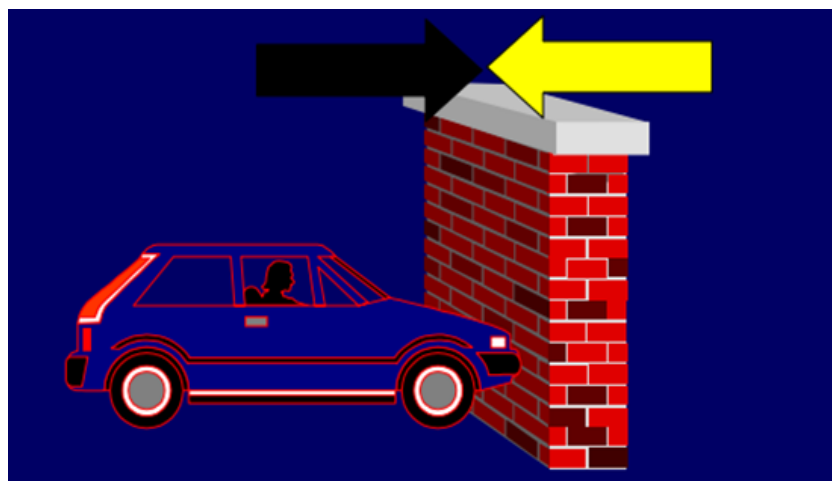


Figura 3. **Rappresentazione della terza legge di Newton.**
L'automobile con forza F che si scontra contro un muro con forza $-F$ uguale o contraria. Il muro spinge l'automobile con la stessa forza ma nel verso opposto. Le due forze di azione e reazione sono uguali in modulo, ma il simbolo meno al secondo membro specifica che la forza ha verso opposto rispetto alla prima.

1.2.5 Principio della conservazione dell'energia cinetica

Il principio di conservazione dell'energia afferma che l'energia non può essere né creata né distrutta, ma solo convertita da una forma ad un'altra.

Un corpo possiede energia quando è in grado di compiere un lavoro. L'energia meccanica di un corpo si trova principalmente sotto forma di energia cinetica ed energia potenziale. Il lavoro è compiuto da una forza ed è definito come $L = F \times s$, il lavoro di una forza è il prodotto scalare della forza per lo spostamento da essa prodotto (David J. Griffiths, 2005). L'energia cinetica, invece, è l'energia posseduta da un corpo in movimento. Infine, la potenza, è il lavoro compiuto in un secondo, si misura in Watt definiti come Joule/secondi o in cavallo vapore.

Questo principio è in grado di rispondere alla domanda: perché l'improvviso arresto del movimento causato da un ostacolo comporta l'insorgenza di trauma o lesione sull'individuo?

La spiegazione è chiara, un veicolo in movimento possiede una certa quantità di energia. Nel momento in cui avviene una collisione con improvviso arresto/inizio del movimento la conversione e la dissipazione dell'energia avvengono in un brevissimo arco di tempo, attraverso l'urto contro un oggetto e la deformazione del telaio.

Consecutivamente l'energia residua verrà trasferita dapprima agli occupanti del veicolo e successivamente ai loro organi (Alan B. Marr et al., 2018).

1.2.6 Tempo di reazione

Il tempo di reazione è l'intervallo di tempo che passa tra il momento in cui si percepisce un pericolo e il momento in cui si inizia ad agire per evitarlo. In condizioni normali il tempo di reazione è circa 1 secondo. Per cui dal momento in cui il conducente vede un ostacolo fino al momento in cui inizia a frenare e a percorrere lo spazio di reazione passa $1 \text{ s } \Delta s_r = v (1 \text{ s})$ che dipende dalla velocità v a cui procede. Se l'ostacolo dista meno di Δs_r metri dall'auto, l'automobilista non avrà il tempo di iniziare a frenare, scaraventandosi contro l'ostacolo con la velocità v con la quale stava percorrendo il tragitto (Antonia Ricciardi, 2022). Questo arco temporale è un fattore importante, più il tempo di reazione è anticipato, più si avrà il tempo di frenare e dunque di limitare i danni che saranno causati dall'impatto o evitarlo totalmente.

2.3.6. Spazio di arresto e tempo di frenata

Lo spazio di arresto è lo spazio percorso dall'inizio della frenata all'arresto del veicolo. Esprime in metri lineari la zona necessaria per arrestare la marcia di un mezzo partendo dal momento di azionamento dell'impianto frenante per giungere alla fermata vera e propria. Cambia in base a fattori come la velocità di marcia, la decelerazione, l'aderenza e il coefficiente di attrito correlato, il grado di pendenza della strada, la massa del mezzo, le condizioni di pneumatici e impianto frenante, lo stato psico-fisico e l'abilità del conducente (Vincenzo Di Michele, 2005).

Lo spazio di arresto include lo spazio di frenatura, ma considera tutto il processo di frenata incluso il tempo di reazione, il tempo di risposta e il tempo di risposta del dispositivo (Vincenzo Di Michele, 2005). Generalmente, lo spazio di arresto indica la distanza necessaria per passare all'arresto nella situazione di emergenza. Il motivo per cui non si può usare il calcolo dello spazio di frenatura normale in una situazione di emergenza è evidente: il veicolo continua ad andare a velocità costante nel tempo quando si riconosce il pericolo e si reagisce.

1.2.8 Trasferimento dell'energia

Il meccanismo dei traumi avviene a causa di uno scambio di energia tra un oggetto solido e il corpo umano. A determinare l'estensione, tipologia e gravità del danno oltre i fattori già elencati, tra cui velocità del veicolo, massa, tipologia di impatto e condizioni pre, intra e post-impatto, sarà sicuramente il numero di particelle di tessuto coinvolte. Il numero di particelle coinvolte è direttamente proporzionale alla densità del tessuto e alla dimensione della superficie di contatto (Ernest E. Moore et al., 2018).

La densità di una sostanza è il rapporto tra la massa e il volume di tale sostanza. Quanto più denso è un tessuto, tanto maggiore saranno il numero di particelle colpite da un oggetto in movimento. Partendo da questo presupposto se un individuo urta su una superficie rigida come lo sterzo della macchina, quindi più densa, avrà più danni rispetto all'impatto contro superficie morbida, come l'Air-bag. Questo perché il corpo assorbe più energia collidendo con una superficie più densa; quindi, avrà un maggior rischio di lesioni. Anche la superficie di contatto gioca un ruolo importante nella formazione di lesioni date da una collisione: più particelle vengono colpite, quindi più superficie corporea, maggiore sarà l'aumento dell'entità della forza su di esso (Ernest E. Moore et al., 2018).

1.2.9 Tipologia di collisioni

La fase dell'impatto in una collisione inizia nel momento in cui un oggetto in movimento colpisce un secondo oggetto o una persona, stazionario/a o in marcia. In questa fase riconosciamo tre tipologie di impatto:

1. impatto dei due oggetti;
2. impatto degli occupanti del veicolo;
3. impatto degli organi vitali degli occupanti.

Gli incidenti stradali possono essere provocati da più tipologie di collisioni e possono essere classificate, in base al punto di impatto, in cinque categorie (Ernest E. Moore et al., 2018):

- impatto frontale: è la tipologia di impatto che avviene più frequentemente e che comporta più morti. È provocato da un urto contro un ostacolo sulla porzione frontale del veicolo.
- impatto posteriore: le collisioni a impatto posteriore si verificano quando un veicolo che si muove più lentamente o è fermo (veicolo bersaglio) viene urtato posteriormente da un veicolo che si muove più rapidamente (veicolo proiettile)
- impatto laterale: i meccanismi di impatto laterale avvengono solitamente negli incroci. L'urto può coinvolgere o la fiancata laterale destra o quella sinistra.
- impatto rotatorio: si verifica quando un angolo del veicolo colpisce un oggetto immobile o che si muove più lentamente. Secondo la prima legge di Newton, l'angolo colpito rimarrà fermo mentre il resto del veicolo continuando il suo movimento in avanti fino alla completa trasformazione dell'energia.
- cappottamento: durante il cappottamento, un veicolo può andare incontro a più impatti, con vari angoli differenti, e con esso anche il corpo e gli organi del passeggero.

Capitolo 2

2.1 PROTOCOLLO DI RICERCA

OBIETTIVO

La tesi ha lo scopo di valutare la correlazione tra la cinematica dell'impatto e la presenza di determinati tipi di lesioni. Tale obiettivo nasce dalla necessità di porre l'attenzione su una tematica poco discussa e che potrebbe rivelarsi una vera e propria strategia: l'utilizzo della conoscenza della cinematica dell'incidente come strumento predittivo di lesioni.

Si vuole analizzare l'associazione tra la cinematica della collisione e il rischio, tipo e gravità delle lesioni correlate. In tal modo si può constatare se vi è una correlazione significativa poiché, qualora ci fosse, lo studio potrebbe essere approfondito in maniera tale da creare delle vere e proprie metodologie di soccorso basate per l'appunto, sulla cinematica dell'incidente accaduto.

A dimostrazione di ciò è stata effettuata una revisione di articoli scientifici riguardanti la cinematica di due tipologie di collisione: l'impatto frontale, in quanto unidirezionale e il cappottamento, il quale prevede impatti multidirezionali.

2.2. MATERIALI E METODI

Per la stesura della revisione sistematica sono state seguite le linee guida “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses”: PRISMA.

2.3 PICOM

Struttura del quesito	
P	Pazienti traumatizzati vittime di incidenti stradali automobilistici
I	Impatto frontale
C	Cappottamento
O	Patterns di lesioni associate alla tipologia dell’impatto
M	Revisione della letteratura

Tabella 1. **Struttura del quesito con il PICOM.** Il modello PICOM è un metodo utilizzato nella pratica basata sulle evidenze:

P = Problema/paziente/popolazione

I = Intervento

C = Confronto/controllo

O = Esito

M = Metodo

2.4 CRITERI DI ELEGGIBILITA'

Criteri di inclusione: adulti vittime di incidenti stradali automobilistici.

Per la ricerca di articoli è stato selezionato innanzitutto l'impatto frontale in quanto rappresenta la collisione più frequente negli incidenti stradali automobilistici. Il cappottamento, al contrario, è il meno frequente ma la sua scelta deriva dal fatto che ha la probabilità di provocare più lesioni, soprattutto quelle gravi. Un altro criterio utilizzato per la scelta della tipologia di collisione è la superficie dell'auto coinvolta nello scambio dell'energia. Nell'impatto frontale, lo scambio di energia avviene principalmente sulla porzione anteriore dell'automobile; quindi, è una sola zona dell'auto ad impattare contro un ostacolo, come anche nell'impatto laterale, posteriore e rotatorio. Al contrario, il cappottamento è l'unica collisione in cui, a causa del rotolamento, molteplici superfici dell'auto saranno coinvolte nello scambio di energia. In questo modo sono stati messi in comparazione la collisione più frequente, rappresentativa degli impatti in cui vi è un solo punto di scambio energetico e l'impatto meno frequente, che presenta più punti di scambio energetico.

Misure di esito/Variabili:

- lesioni della testa
- lesioni del torace
- lesioni dell'addome
- lesioni degli arti
- lesioni del rachide

Caratteristiche degli studi:

1. lingua inglese
2. parole chiave della ricerca contenute nel titolo o abstract
3. studi effettuati in tutti gli Stati

Criteri di esclusione:

- incidenti stradali di camion, motoveicoli e pedoni;
- gli impatti posteriori e rotatori;
- studi effettuati prima del 1998;
- soggetti con età <10 anni;
- studi basati su lesioni meno frequenti per le tipologie di impatto esaminate

2.5 METODI DI RICERCA PER L'IDENTIFICAZIONE DELLO STUDIO

La raccolta degli articoli scientifici è stata eseguita attraverso l'utilizzo di motori di ricerca quali PubMed, PubMed Central, Semantic scholar e ScienceDirect. Per identificare gli studi sono state utilizzate parole chiave come: “*injured*”, “*impacts*”, “*rollover*”, “*trauma*”.

Dei 21 studi selezionati sono stati inclusi anche articoli con obiettivi diversi di questa revisione, in quanto predisponavano set di dati rilevanti e statisticamente significativi per la realizzazione della tesi.

Si riporta in tabella la metodologia adottata per la ricerca degli studi utilizzati per la realizzazione di questa revisione.

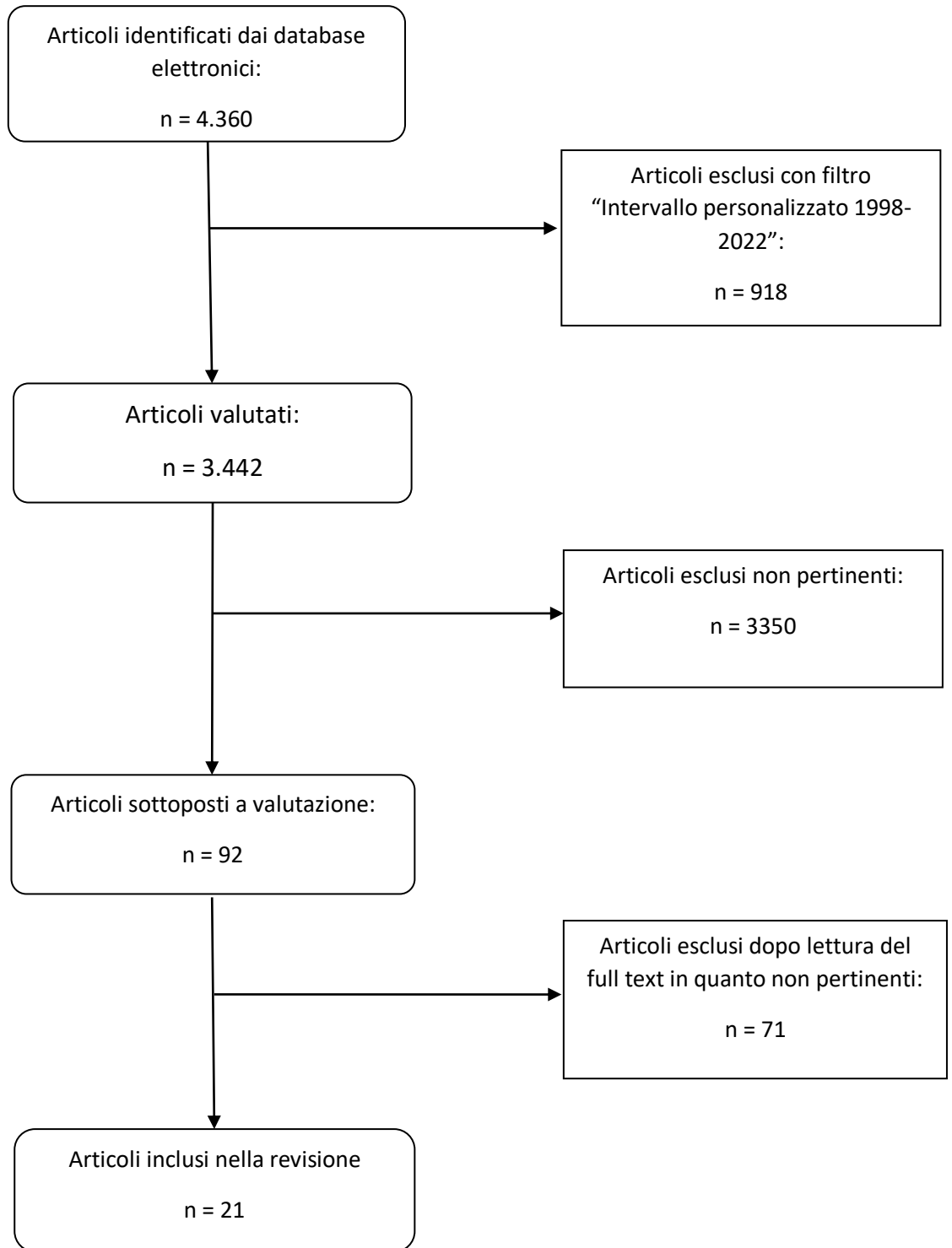
BANCA DATI	PAROLA CHIAVE	LIMITI	RISULTATI
PubMed	“injuries and frontal crashes”	Intervallo personalizzato 1998-2022	646
	“Injury and rollover crashes”	Intervallo personalizzato 1998-2022	234
	“triage and vehicle rollover”	Intervallo personalizzato 1998-2022	20
ScienceDirect	“injuries to occupants in cars and frontal impacts”	Intervallo personalizzato 1998-2022	1077

	“injury patterns and crush rollover”	Intervallo personalizzato 1998-2022	231
PubMed Central	“Injury risk and rollovers crush”	Intervallo personalizzato 1998-2022	50
Semantic Scholar	“Injuries and frontal collisions”	Intervallo personalizzato 1998-2022	1040
	“Injuries and rollover crushes”	Intervallo personalizzato 1998-2022	144

Tabella 2. Metodologia della ricerca degli studi.

2.6 SELEZIONE DEGLI STUDI

Di seguito è riportato il diagramma di flusso PRISMA rappresentativo dei processi effettuati per la selezione degli studi.



2.6 PROCESSO DI RACCOLTA E CARATTERISTICHE DEI DATI

ARTICOLO	AUTORE- RIVISTA-ANNO- PAESE	TIPI DI STUDIO	CINEMATICA DELL'INCIDENTE	CARATTERISTICHE E PARTECIPANTI	INTERVENTI EFFETTUATI	ESITI MISURATI	RISULTATI PRINCIPALI
<p>1. Analysis of cervical injuries in persons with head injuries</p> <p>DOI: 10.1097/PAF.0b013e3181651b8a</p>	<p>-Masahito Hitosugi, Mayumi Maegawa, Yasuki Motozawa, Masahito Kido, Hitoshi Kawato, Toshiaki Nagai, Shogo Tokudome</p> <p>-The American Journal of Forensic Medicine and Pathology</p> <p>-2008</p> <p>-Japan</p>	Sperimentale	FRONTALE	Soggetti vittime di incidenti automobilistici con ferite alla testa	Autopsie forensi su soggetti defunti implicati in incidenti automobilistici allo scopo di capire quali fossero le lesioni più frequenti in associazione alla tipologia di impatto	Lesioni cervicali alla colonna cervicale, emorragia epidurale, emorragia subdurale del midollo spinale cervicale	La prevalenza delle lesioni del rachide cervicale e quella di l'emorragia epidurale o subdurale era significativamente più alta in persone che hanno subito impatti frontali (63,0% e 43,4%, rispettivamente) rispetto alle persone che hanno subito altri impatti.

<p>2.The biomechanics of lower limb injuries in frontal-impact road traffic collisions</p> <p>DOI: 10.4314/ahs.v18i2.17</p>	<p>-Mohannad B Ammoril and Fikri M Abu-Zidan -Afr Salute Sci -2018 -Africa</p>	<p>Revisione</p>	<p>FRONTALE</p>	<p>Soggetti adulti con lesione degli arti inferiori negli incidenti automobilistici</p>	<p>Indagine sulla biomeccanica dell'arto inferiore negli urti frontali</p>	<p>Biomeccanica degli arti inferiori</p>	<p>I meccanismi più comuni di lesione sono: l'impatto del ginocchio con il cruscotto con conseguente frattura acetabolare o lussazione posteriore dell'anca; e intrusione della punta del piede in combinazione con l'applicazione forzata del freno con conseguente fratture del piede e della caviglia.</p>
<p>3.Lower limb response and injury in frontal crashes</p> <p>DOI: 10.1016/s0001-4575(98)00006-2</p>	<p>-J R Crandall 1, P G Martin, E M Sieveka, W D Pilkey, P C Dischinger, A R Burgess, T D O'Quinn, C B Schmidhauser; -Accident Analysis & Prevention -1998 - U.S.A.</p>	<p>Revisione</p>	<p>FRONTALE</p>	<p>Conducenti e passeggeri adulti del sedile anteriore destro</p>	<p>Analisi di due set di dati osservazionali e due sperimentali che enfatizzano le lesioni agli arti inferiori negli incidenti delle autovetture.</p>	<p>Gravità delle lesioni degli arti inferiori in relazione a fattori che ne possano provocare l'insorgenza</p>	<p>La variazione di velocità del veicolo, il tasso di intrusione e la tempistica hanno avuto la maggiore influenza sul rischio di lesioni agli arti inferiori.</p>

<p>4. Nature and etiology of hollow-organ abdominal injuries in frontal crashes</p> <p>DOI: 10.1016/j.aap.2015.02.015</p>	<p>-Gerald S. Poplin , , Timothy L. McMurry , Jason L. Forman , Thomas Hartka , Gwansik Park , Greg Shaw , Jangho Shin d , Hyung joo Kim d , Jeff Crandall</p> <p>-Accident; analysis and prevention. -2015 -U.S.A.</p>	<p>Analisi comparativa</p>	<p>FRONTALE</p>	<p>Soggetti occupanti di automobili con cintura di sicurezza in collisione frontale.</p>	<p>Analisi dei fattori di rischio e potenziali dell'organo cavo, lesioni della parte inferiore dell'addome</p>	<p>Fattori che influenzano l'insorgenza di lesioni addominali nell'impatto frontale</p>	<p>La lesione dell'organo addominale cavo è un problema universale nelle collisioni frontali, non confinato a un sesso specifico o alla posizione del sedile ma è strettamente correlato alla cinematica dell'impatto guidatore e veicolo e allo scorretto posizionamento della cintura di sicurezza.</p>
<p>5. Abdominal Injury Patterns in Real Frontal Crashes: Influence of Crash Conditions, Occupant Seat and Restraint Systems</p> <p>Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16968632/</p>	<p>- S. Lamielle, I. S. Cuny, J.Y. Foret-Bruno, P. Petit, P. Vezin, J.P. Verriest, and H. Guillemot</p> <p>- Annu Proc Assoc Adv Automot Med. -2006 -Francia</p>	<p>Retrospettivo</p>	<p>FRONTALE</p>	<p>Occupanti non espulsi coinvolti in un incidente frontale con una velocità equivalente all'energia (EES) compresa tra 40 km/h e 79 km/h, con e senza cintura di sicurezza.</p>	<p>Per ciascun occupante sono stati esaminati il tipo di sistema di ritenuta, l'EES, l'intrusione nel cruscotto, la posizione del sedile, il verificarsi di una lesione addominale AIS 3+, la descrizione della lesione ed età.</p>	<p>Fattori che influenzano l'insorgenza di lesioni addominali nell'impatto frontale</p>	<p>È stato osservato che il rischio di lesioni addominali aumenta con l'EES e l'intrusione nel cruscotto per gli occupanti dei sedili anteriori. Per gli occupanti senza cintura, il rischio di lesioni addominali è più alto per i conducenti, mentre per gli occupanti con cintura il rischio è più alto per il passeggero del sedile posteriore.</p>

<p>6. Patterns of Abdominal Injuries in Frontal and Side Impacts</p> <p>Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11558081/</p>	<p>-N Yoganandan 1, FA Pintar , TA Gennarelli , Signor Maltese -Association for the Advancement of Automotive Medicine -2000 -U.S.A.</p>	<p>Revisione</p>	<p>FRONTALE</p>	<p>Conducenti e passeggeri sedili anteriori con età > 16 anni</p>	<p>Analisi dei dati epidemiologici più recenti da un database statunitense per determinare la frequenza e la gravità delle lesioni negli impatti frontali e laterali</p>	<p>Lesioni addominali più frequenti nell'impatto frontale</p>	<p>Nella categoria AIS ≥ 2; il fegato, la milza, l'apparato digerente e il rene hanno subito le quattro lesioni più frequenti nell'impatto frontale. Nella categoria AIS ≥ 3, il fegato era l'organo più frequentemente danneggiato negli incidenti frontali</p>
<p>7.An In-depth Study of Abdominal Injuries Sustained by Car Occupants in Frontal Crashes</p> <p>Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23169124/</p>	<p>-Richard Frampton 1, Giacomo Lenard , Sabina Compigne -Ann Adv Automot Med. -2012 -UK</p>	<p>Revisione</p>	<p>FRONTALE</p>	<p>Occupanti allacciati alla cintura in incidenti frontali</p>	<p>Raccolta dati sugli infortuni da incidente del Regno Unito attraverso la banca dati Co-operative Crash Injury Study (CCIS).</p>	<p>Valutazione lesioni addominali nell'impatto frontale</p>	<p>Gli organi più frequentemente feriti per i conducenti erano gli organi solidi del fegato e della milza. Per i passeggeri anteriori, il fegato era anche l'organo più frequentemente danneggiato, seguito dal digiuno-ileo e dalla milza.</p>

<p>8. Biomechanical Factors and Injury Risk in High-Severity Rollovers</p> <p>Link: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3217444/</p>	<p>-Tara L. A. Moore, Ph.D. and Vinod Vijayakumar, D.Phil. Duane L. Steffey, Karuna Ramachandran, Catherine Ford Corrigan -Annu Proc Assoc Adv Automot Med -2005 -U.S.A.</p>	<p>Revisione</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti che hanno subito ribaltamenti</p>	<p>I dati del NASS-CDS dal sono stati utilizzati per valutare le implicazioni biomeccaniche della cinematica del veicolo durante i rolli multipli e per valutare il rischio di lesioni alle diverse regioni del corpo durante i ribaltamenti</p>	<p>Lesioni nei rollover ad alta gravità</p>	<p>Gli occupanti dei veicoli ribaltabili hanno il rischio maggiore di subire lesioni alla testa e al torace, seguite da lesioni all'addome, alla colonna vertebrale e alle estremità. Ciò vale sia per gli infortuni AIS 2+ che per AIS 3+.</p>
<p>9.Implications of Vehicle Roll Direction on Occupant Ejection and Injury Risk</p> <p>Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16968635/</p>	<p>-D Claire Gloeckner 1, Tara LA Moore , Duane Steffey , Hoa Le-Resnick , Cleve Nudo , Catherine Ford Corrigan -Annu Proc Assoc Adv Automot Med -2006 -U.S.A.</p>	<p>Revisione</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti che hanno subito uno o più rollover</p>	<p>I dati del NASS-CDS sono stati analizzati per il rischio di lesioni gravi o maggiori e di espulsione rispetto alla posizione dell'occupante</p>	<p>Lesioni correlate alla cinematica degli occupanti</p>	<p>Il rischio di lesioni AIS 3+ era maggiore per gli occupanti non vincolati, per gli occupanti espulsi, per gli occupanti coinvolti in ribaltamenti con un numero maggiore di quarti di giro e per gli occupanti sul lato opposto.</p>

<p>10. The relationship between vehicle roof crush and head, neck and spine injury in rollover crashes</p> <p>DOI: 10.1016/j.aap.2013.04.020</p>	<p>- Konrad M Dobbertin 1, Michael D Freeman, William E Lambert, Michael R Lasarev, Sean S Kohles - Accident; analysis and prevention -2013 -U.S.A.</p>	<p>Studio trasversale</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti seduti nelle posizioni anteriore sinistra e anteriore destra. Con cintura, senza cintura e con cintura mal posizionata</p>	<p>Sono stati utilizzati i dati NASS-CDS per comprendere la causa delle lesioni gravi da ribaltamento</p>	<p>Lesioni correlate alla cinematica degli occupanti</p>	<p>I risultati dell'analisi hanno dimostrato un aumento del 44% (IC 95%: 8-91%) nelle probabilità di subire lesioni alla testa, al collo o alla colonna vertebrale ogni 10 cm di aumento di schiacciamento del tetto.</p>
<p>11. Occupant Injury Experience in Rollover Crashes: An In-Depth Review of NASS/CDS</p> <p>Link: ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3217447/</p>	<p>-Jeya Padmanaban 1, Stein Husher -Annu Proc Assoc Adv Automot Med -2005 -USA</p>	<p>Revisione</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti coinvolti nel cappingamento aventi cintura di sicurezza, non espulsi o parzialmente espulsi. Valutando la fonte della lesione, gravità della lesione e deformazione del tetto in posizione occupante</p>	<p>Revisione delle variabili NASS</p>	<p>Relazione tra deformità del tetto e gravità delle lesioni nel ribaltamento</p>	<p>La deformità verticale del tetto non è sufficiente per spiegare un potenziale danno per gli occupanti. Inoltre, i tassi più elevati di lesioni gravi a testa, viso e collo AIS3+, si verificano maggiormente nei veicoli in rotazione arrestati piuttosto che in quelli non arrestati.</p>

<p>12. Mortality and injury patterns associated with roof crush in rollover crashes</p> <p>DOI: 10.1016/j.aap.2010.02.013</p>	<p>-Samuel P Mandell 1, Robert Kaufman , Christopher D. Mack , Eileen M Bulger - Accident; analysis and prevention -2010 -U.S.A.</p>	<p>Revisione</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti coinvolti nel cappingo aventi cintura di sicurezza con età >16</p>	<p>Revisione variabili NASS e CIREN</p>	<p>Relazione tra i diversi livelli di schiacciamento o del tetto e mortalità, lesioni gravi (AIS > o = 3) alla colonna vertebrale, al midollo spinale e lesioni alla testa</p>	<p>Esiste un'associazione tra il grado di schiacciamento del tetto e mortalità, lesioni alla colonna vertebrale e lesioni alla testa negli incidenti con ribaltamento.</p>
<p>13. Epidemiology of moderate-to-severe injury patterns observed in rollover crashes</p> <p>DOI: 10.1016/j.aap.2016.01.018</p>	<p>-Timothy L McMurry, Dipan Bose, Stephen A Ridella, Ana M Eigen, Jeff R Crandall, Jason R Kerrigan - Accident; analysis and prevention -2016 -U.S.A.</p>	<p>Coorte retrospettivo</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti con cintura con età >16 anni coinvolti nel cappingo che hanno riportato lesioni da moderate a gravi</p>	<p>Utilizzo di database del National Automotive Sampling System Crashworthiness Data System</p>	<p>Valutazione dell'incidenza e dei modelli di lesioni multiorgano, moderate e gravi subite da vittime adulte in il rollover primario che si arresta in modo</p>	<p>Le tre regioni del corpo più frequentemente ferite (AIS2+) erano la testa (42,1%), gli arti superiori (28,0%) e il torace (27,1%). Il modello di lesione multi regione più frequente ha coinvolto la testa e l'estremità superiore.</p>

<p>14. Comparison of risk factors for cervical spine, head, serious, and fatal injury in rollover crashes</p> <p>DOI: 10.1016/j.aap.2011.11.009</p>	<p>-James R Funk, Joseph M Cormier, Sarah J Manoogian - Accident; analysis and prevention -2012 -U.S.A.</p>	<p>Studio comparativo</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti di età pari o superiore a 16 anni coinvolti in un incidente di rollover con e senza cinture di sicurezza</p>	<p>Utilizzo di dati raccolti National Automotive Sampling System- Crashworthines s Data System (NASS-CDS)</p>	<p>Esame e confronto dei fattori di rischio per la colonna cervicale, la testa, lesioni gravi e mortali in incidenti con ribaltamento nel mondo reale</p>	<p>Espulsione totale o parziale, mancato utilizzo delle cinture di sicurezza, maggior numero di capovolgimenti del tetto. La posizione di seduta sul lato opposto aumenta il rischio di lesioni mortalità, alla testa e alla colonna cervicale.</p>
<p>15. The importance of vehicle rollover as a field triage criterion</p> <p>DOI: 10.1097/TA.0b013e3181aabdc7</p>	<p>- Campion Howard R , Luigi V Lombardo , Ellen Kalin Shair - J Trauma -2009 -U.S.A.</p>	<p>Revisione</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti vittime di ribaltamento</p>	<p>Analisi della letteratura medica e i dati del Dipartimento dei trasporti/Natio nal Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) Fatal Accident Reporting System e del National Automotive Sampling System</p>	<p>Valutazione rilevanza del ribaltamento del veicolo come criterio di triage sul campo</p>	<p>In media, 450.000 occupanti sono coinvolti in a rollover crash. Ogni anno il 59% delle volte ci saranno occupanti feriti. E' noto che gli occupanti dei veicoli coinvolti in ribaltamenti sviluppano ferite gravi o rimangono uccisi rispetto agli occupanti vittime di un'altra tipologia di incidente. Questo può essere un criterio utile per le squadre di soccorso.</p>

<p>16. Rollover crashes: Predicting serious injury based on occupant, vehicle, and crash characteristics</p> <p>DOI: 10.1016/j.aap.2006.02.002</p>	<p>-Carol Conroy 1, David B Hoyt , Un Brent Eastman , Steve Erwin , Sharon Pacyna , Troy Lisa Holbrook , Teresa Vaughan , Michele Sise , Franco Kennedy , Tom Velky - Accident; analysis and prevention -2006 -U.S.A.</p>	<p>Caso-controllo</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti di autoveicoli vittime di ribaltamento</p>	<p>Confronto tra 27 occupanti del caso con lesioni gravi o di gravità maggiore con 606 occupanti di controllo senza lesioni o solo con lesioni lievi o moderate</p>	<p>Valutazione delle caratteristiche degli occupanti, del veicolo e dell'urto prevedendo lesioni gravi durante gli incidenti con ribaltamento.</p>	<p>L'intrusione del montante nella posizione dell'occupante, l'interno del veicolo e il tetto come fonti di lesioni e l'uso improprio delle cinture di sicurezza sono stati significativamente associati a lesioni gravi.</p>
<p>17. Injury Patterns and Sources of Non-Ejected Occupants in Trip-Over Crashes: A Survey of NASS-CDS Database from 1997 to 2002</p> <p>Link: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3217452/</p>	<p>-Jingwen Hu , MS, Jong B. Lee , Ph.D., King H. Yang , Ph.D., e Albert I. King - Annu. Proc Assoc Adv Automot Med -2005 -U.S.A.</p>	<p>Comparativo</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti di autoveicoli vittime di ribaltamento con e senza cintura di sicurezza</p>	<p>Estrazione dei dati dal database NASS-CDS, gestito dal National Center for Statistics and Analysis (NCSA), per gli incidenti tra gli anni 1997 e 2002</p>	<p>Indagare dei principali modelli di lesioni e le fonti degli occupanti non espulsi</p>	<p>La testa, il torace e il collo sono le regioni del corpo più comunemente lese quando si considerano gli occupanti non espulsi durante gli incidenti con ribaltamento.</p>

<p>18. A weighted logistic regression analysis for predicting the odds of head/face and neck injuries during rollover crashes</p> <p>Link: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18184502/</p>	<p>-Jingwen Hu 1, Clifford C Chou, King H Yang, Albert I King - Annu Proc Assoc Adv Automot Med -2007 -U.S.A.</p>	<p>Comparativo</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti non espulsi (senza espulsione parziale) con lesioni da HFN di occupanti non espulsi. HFN = lesioni testa/viso/collo</p>	<p>Utilizzo di database NASS-CDS di occupanti vittime di : trip-over, flip-over, turn-over, scavalcamento, fall-over, rimbalzo, collisione</p>	<p>Indagine sui predittori delle probabilità di lesioni testa/viso e collo (HFN) durante i ribaltamenti è stata utilizzata</p>	<p>I risultati mostrano che, negli occupanti non espulsi, gli occupanti senza cintura hanno rischi di lesioni statisticamente più elevati rispetto agli occupanti con cintura. L'età, il lato anteriore del ribaltamento e la deformazione della testata del parabrezza sono fattori predittivi significativi delle probabilità di lesioni da HFN per gli occupanti senza cintura.</p>
<p>19. Head Injuries to Restrained Occupants in Single-Vehicle Pure Rollover Crashes</p> <p>DOI: 10.1080/15389588.2012.722735</p>	<p>- GA Mattos, RH Grzebieta, signor Bambach & come McIntosh - Transport and Road Safety (TARS) -2012 -Australia</p>	<p>Comparativa</p>	<p>CAPPOTTAMENTO</p>	<p>Occupanti allacciati alle cinture di sicurezza in incidenti da cappottamento</p>	<p>Utilizzo dei dati del National Automotive Sampling System-Crashworthiness Data System (NASS-CDS)</p>	<p>Valutazione delle caratteristiche e dei modelli di lesioni alla testa</p>	<p>È emerso che si verificano frequentemente gravi lesioni cerebrali a causa del carico alla periferia della testa dal contatto con il tetto. Sono stati identificati due meccanismi di lesione per fratture del cranio basale in incidenti con ribaltamento.</p>

<p>20. Factors associated with chest injuries to front seat occupants in frontal impacts</p> <p>DOI: https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1654606</p>	<p>-Karthikeyan Ekambaram, Richard Frampton & James Lenard -Traffic Injury Prevention -2019 -UK</p>	<p>Comparativo</p>	<p>FRONTALE</p>	<p>Occupanti sedili anteriori con cinture di sicurezza</p>	<p>Utilizzo di dati sugli incidenti stradali raccolti dal CCIS tra il 2000 e il 2010</p>	<p>Valutazione delle lesioni al torace causate dall'impatto frontale in soggetti con cinture di sicurezza anteriori</p>	<p>Il torace è stata la regione del corpo più frequentemente lesa negli impatti frontali per i livelli di lesione Abbreviated Injury Scale (AIS) 2+, 3+. Il tasso di lesioni al torace AIS 2+ e AIS 3+ era più alto tra gli occupanti anziani e più basso tra i giovani occupanti, e gli occupanti anziani hanno subito lesioni al torace</p>
<p>21. The influence of damage distribution on serious brain injury in occupants in frontal motor vehicle crashes</p> <p>DOI: https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.04.004</p>	<p>-Raul Coimbra, Carol Conroy*, David B. Hoyt b, Sharon Pacyna, MarSue Maya, Steve Erwina, Gail Tominagac, Frank Kennedy d, Michael Sisee, Tom Velky -Accident Analysis & Prevention -2008</p>	<p>Comparativo</p>	<p>FRONTALE</p>	<p>Occupanti seduti nei sedili anteriori nell'impatto frontale in posizione anteriore destra</p>	<p>Utilizzo dei dati della NHTSA</p>	<p>Determinare se la distribuzione del danno sul piano frontale influisce sulla gravità della lesione cerebrale</p>	<p>Per gli occupanti in impatti frontali distribuiti, l'uso della cintura di sicurezza era protettivo e l'intrusione nella posizione del sedile dell'occupante aveva quattro volte più probabilità di provocare gravi lesioni cerebrali. Anche in quello sfalsato, l'intrusione nella posizione del sedile dell'occupante aveva quattro volte più probabilità di provocare gravi lesioni cerebrali.</p>

Tabella 3. Processo di raccolta e caratteristiche dei dati.

Capitolo 3

3.1 RISULTATI

I 21 studi analizzati, se pur presentando condizioni diverse, hanno portato ad uno stesso risultato: la cinematica dell'impatto è strettamente correlata all'insorgenza delle lesioni e alla loro gravità.

Dall'analisi dei dati è stato osservato che le lesioni cervicali, le lesioni toraciche, le lesioni addominali e le lesioni degli arti inferiori, sono significativamente associate alla cinematica dell'impatto frontale (Masahito Hitosugi et al., 2008, Poplin et al., 2015, Lamielle et al. 2006, Frampton 2012).

Lo studio condotto sulle lesioni cervicali è stato effettuato tramite l'autopsia di 109 persone vittime di incidenti stradali con impatto frontale. Da questo studio è emerso che le lesioni cervicali sono significativamente comuni nelle persone che subiscono tale tipologia d'impatto. Nello specifico, lo studio afferma che la prevalenza delle lesioni del rachide cervicale e la prevalenza dell'emorragia epidurale e subdurale è statisticamente alta in persone che hanno subito una collisione frontale, rispettivamente con percentuali di 63% e 43% $P < 0,0001$ (Hitosugi et al., 2008).

Due studi analizzano l'associazione tra impatto frontale e lesioni degli arti inferiori in conducenti e passeggeri seduti sul lato destro con e senza cinture di sicurezza (Mohannad et al. 2018, Crandall et al., 1998). I dati analizzati individuano una forte correlazione tra l'impatto preso in analisi e le lesioni degli arti inferiori, affermando che per i guidatori, l'impatto del ginocchio con il cruscotto, può causare una frattura acetabolare o una lussazione posteriore dell'anca seguiti da una brusca dorsiflessione della caviglia, causata a sua volta dall'applicazione del freno (Mohannad et al., 2018). Inoltre, le statistiche NASS mostrano che la variazione di velocità del veicolo, il tasso di intrusione e il tempo di arresto hanno avuto la maggiore influenza sul rischio di lesioni agli arti inferiori (Crandall et al., 1998).

Quattro studi hanno messo in correlazione la cinematica dell'impatto frontale e le lesioni addominali. L'analisi dei dati ha indicato un aumento statisticamente significativo del rischio di lesioni di gravità moderata o maggiore agli organi cavi dell'addome, con aumento di ΔV , un Odds Ratio (OR) 1,07 e un intervallo di

confidenza al 95%. Dei 143 casi presi in esame, le lesioni riscontrate AIS 2+ erano al 79% isolate nel mesentere, seguite da lesioni al colon, digiuno e ileo (Poplin et al. 2015). Un'altra indagine effettuata sui modelli di lesione addominali in occupanti sia posteriori che anteriori, analizza 5.699 persone che hanno riportato lesioni AIS3+. Il test del chi quadrato mostra che l'EES influenza significativamente il rischio di lesioni addominali AIS 3+ ($p < 0,0001$). Successivamente sono stati valutati 4.627 passeggeri anteriori per stabilire quanto l'intrusione nel cruscotto fosse determinante. I risultati mostrano che il verificarsi di una lesione addominale AIS 3+ è legato all'intrusione nel cruscotto con un $p < 0,0001$. Per un'intrusione nel cruscotto inferiore o uguale a 24 cm, il 5% degli occupanti ha subito una lesione addominale AIS 3+. Quando l'intrusione nel cruscotto era maggiore di 45 cm, il rischio di lesioni addominali AIS 3+ era aumentato fino al 29%.

Infine, è stata osservata una differenza significativa tra le frequenze di danno d'organo cavo e solido in funzione dell'intrusione nel cruscotto ($p < 0,0001$). Per bassi livelli di intrusione, gli organi cavi erano più frequentemente danneggiati rispetto a quelli solidi. Per livelli di intrusione > 25 cm, predominavano le lesioni agli organi solidi (Lamielle et al., 2006).

Un altro studio effettuato su 4.138 passeggeri dei sedili posteriori e anteriori, in condizioni di impatto frontale, sottolinea l'aumentata frequenza di lesioni agli organi cavi del digiuno-ileo, del mesentere e del colon. (Frampton et al., 2012)

Per quanto riguarda le lesioni cerebrali, sempre nell'ambito della cinematica da impatto frontale, la ricerca biomeccanica indica che la lesione cerebrale è più probabile con una improvvisa decelerazione della testa durante il contatto improvviso con una superficie rigida (Zhang et al., 2007). Le lesioni senza contatto possono essere meno gravi perché vi è una decelerazione più graduale (Zhang et al., 2007). Per cui, l'uso corretto della cintura di sicurezza e l'attivazione dell'Air-bag riduce la possibilità di lesioni cerebrali. A questo proposito, in uno studio condotto su 418 occupanti, coloro che indossavano le cinture di sicurezza avevano maggiore possibilità di sviluppare un danno cerebrale diffuso rispetto a chi non le indossava; infatti, questi ultimi sviluppavano gravi lesioni focali e fratture IC 95% (Coimbra et al., 2008).

I dati raccolti sulle lesioni toraciche causate dall'impatto frontale hanno rilevato che le lesioni scheletriche erano il tipo più comune di lesioni toraciche AIS2+, seguite da lesioni agli organi intratoracici e i vasi sanguigni. La maggior parte delle volte erano causate dalla cintura di sicurezza, le restanti dall'impatto con il volante. Il 91% (campione = 190) delle fratture erano allo sterno, il 54% (campione = 14) erano 2-3 fratture costali e il 61% (campione = 53) 4 o più fratture costali. Inoltre, c'è una forte associazione tra danno d'organo e numero di fratture costali: quasi il 60% (52) delle lesioni d'organo intratoraciche (escluso pneumotorace ed emotorace) erano associati a 2 o più fratture costali (Karthikeyan Ekambaram et al., 2019).

In merito al gruppo di comparazione, ovvero il gruppo dei soggetti con lesioni associate a incidenti da cappottamento, i risultati ottenuti mostrano anche in questo caso una correlazione tra la cinematica dell'impatto e le lesioni associate. Tutti gli studi affermano che il cappottamento aumenta la probabilità dell'insorgenza delle lesioni, sicché questi ultimi, nella maggior parte dei casi, sono incidenti causati da un'eccessiva velocità (Moore et al., 2005, Gloeckner et al., 2006, Konrad et al. 2013, Padmanaban et al., 2005, McMurry et al., 2016, Funk et al. 2012, Conroy et al. 2006, Jingwen et al., 2005). Due studi affermano che sia il rischio di lesioni moderate (AIS 2+) che gravi (AIS 3+) aumenta all'aumentare del numero di quarti di giro per gli occupanti trattenuti e sfrenati. (Moore et al., 2005, Gloeckner et al., 2006). Gli occupanti dei veicoli ribaltabili hanno il rischio maggiore di subire lesioni alla testa, al collo, al torace, alla colonna vertebrale e alle estremità. Ciò vale sia per gli infortuni AIS 2+ che per AIS 3+. (Moore et al., 2005, Conroy et al., 2006, Jingwen et al., 2005).

Cinque degli studi presi in esame, osservano la correlazione tra lo schiacciamento del tetto e aumento della gravità di lesioni quali trauma cranico e lesioni alla colonna vertebrale (Konrad et al., 2013, Mandell et al., 2012, Funk et al., 2012, Conroy et al., 2006, Jingwen et al., 2005, MATTOS et al., 2012). Lo schiacciamento del tetto è una variabile che a sua volta è strettamente collegata al numero dei rotolamenti del veicolo. I risultati dell'analisi caso-controllo hanno dimostrato un aumento del 44% (IC 95%) delle probabilità di subire lesioni alla testa, al collo o alla colonna vertebrale ogni 10 cm di schiacciamento del tetto (Konrad et al., 2013, Mandell et al., 2010). Un aumento del rischio di mortalità si è verificato con uno schiacciamento del tetto tra i 15-30 cm (IC

95%). Altre due variabili che aumentano il rischio di lesioni sono il non utilizzo di cinture di sicurezza, i rotolamenti arrestati da oggetti inermi e l'espulsione dell'occupante dal veicolo. In particolar modo i rotolamenti arrestati improvvisamente da un oggetto, dai dati raccolti in uno studio condotto su 124 occupanti, hanno rilevato che l'89% degli occupanti ha subito gravi lesioni alla testa/collo/viso.

L'analisi dell'ultimo studio rileva dei risultati molto importanti. In media, 450.000 occupanti sono coinvolti in cappottamenti. Ogni anno il 59% delle volte ci saranno occupanti feriti. È noto che gli occupanti dei veicoli coinvolti in ribaltamenti sviluppano ferite gravi o rimangono uccisi rispetto agli occupanti vittime di un'altra tipologia di incidente. Questo può essere un criterio utile per le squadre di soccorso (Howard et al., 2009).

<p>Impatto frontale</p>	<p>-lesioni alla testa: emorragia epidurale, emorragia subdurale;</p> <p>-lesioni cervicali: lesioni del rachide cervicale;</p> <p>-lesioni toraciche: fratture allo sterno, fratture costali associate a lesioni d'organo intratoraciche;</p> <p>-lesioni addominali: lesioni del mesentere, al colon, digiuno e ileo;</p> <p>-lesioni arti inferiori: fratture acetabolari o lussazioni posteriori dell'anca.</p>
<p>Cappottamento</p>	<p>-lesioni alla testa</p> <p>-lesioni al collo</p> <p>-lesioni al torace</p> <p>-lesioni alla colonna vertebrale</p> <p>-lesioni agli arti</p>

Tabella 4. Risultati ottenuti per tipologia di collisione e lesioni.

Capitolo 4

4.1 DISCUSSIONE

Da questa revisione sono scaturite delle correlazioni tra la tipologia di cinematica dell'incidente e il rischio, tipo e gravità delle lesioni.

Si è potuto notare da ogni singolo studio che le due tipologie di impatto prese in esame presentano alcune lesioni specifiche e diverse tra una collisione e l'altra. Questa valutazione è stata effettuata per capire se la conoscenza della cinematica da parte dell'infermiere, possa essere uno strumento valido, valutando dapprima una effettiva correlazione tra cinematica delle collisioni e lesioni. Attraverso i risultati di tale revisione si è arrivati alla conclusione che sia la cinematica dell'impatto frontale che quella del cappottamento presentano delle lesioni associate che spesso si ripresentano.

Dal lavoro effettuato sono emerse tante informazioni significative, si può affermare, infatti, che nell'impatto frontale vi è una forte prevalenza di lesioni quali: lesioni cervicali, toraciche, addominali e degli arti inferiori.

Nello specifico si evince che gli organi maggiormente colpiti nelle lesioni addominali con cinematica frontale sono del mesentere, ileo e colon. Inoltre, il rischio di lesioni all'addome AIS3+ aumenta all'aumentare dell'intrusione nel cruscotto. Per bassi livelli di intrusione, gli organi cavi sono più frequentemente danneggiati rispetto a quelli solidi. Per alti livelli di intrusione (> 25 cm) predominano le lesioni agli organi solidi.

Un altro risultato riscontrato è che gli occupanti con cintura di sicurezza mal posizionata possono muoversi con una cinematica a sottomarino e sviluppare più facilmente lesioni all'addome e agli arti inferiori.

È emerso anche che nell'impatto frontale la variazione di velocità del veicolo, il tasso di intrusione e il tempo di arresto sono fattori predisponenti a lesioni degli arti inferiori causando, la maggior parte delle volte, fratture acetabolari o lussazione posteriore dell'anca.

Sulle lesioni toraciche causate dall'impatto frontale si è concluso che le lesioni scheletriche sono il tipo di lesioni più comuni, soprattutto di gravità AIS2 +, seguite da

lesioni agli organi intratoracici e i vasi sanguigni. Inoltre, c'è una forte associazione tra danno d'organo e numero di fratture costali.

Anche le lesioni cerebrali avvengono frequentemente nella cinematica frontale, causate soprattutto da una decelerazione improvvisa, che spesso comporta un brusco impatto della testa contro una superficie rigida. In questo contesto l'utilizzo della cintura di sicurezza fa la differenza poiché diminuisce il rischio di gravi lesioni focali e fratture.

Lo studio effettuato sul gruppo di comparazione ha dimostrato che le lesioni si possono presentare diversamente nel cappingo rispetto all'impatto frontale. Le lesioni correlate alla cinematica del cappingo sono principalmente localizzate alla testa, collo, torace e colonna vertebrale. Sono incidenti causati da un'eccessiva velocità, la quale agisce sul numero di capovolgimenti. Più l'auto andrà veloce e più ci sarà la possibilità di ribaltamenti. Più quarti di giro avverranno, più aumenterà il rischio di lesioni gravi poiché la carrozzeria dell'auto tenderà a modificarsi, causando dei rientramenti, soprattutto a livello del tetto, il quale comporterà gravi danni sulla porzione superiore dell'occupante. Il rischio di lesioni gravi aumenterà esponenzialmente se il soggetto non indossa la cintura di sicurezza, in quanto l'occupante e i suoi organi viaggeranno ad una velocità diversa rispetto all'auto e avranno impatti multipli sicché non vincolati.

<p>Impatto frontale</p>	<p>-velocità: Maggior rischio di lesioni moderate AIS2+, gravi AIS3+ e mortali;</p> <p>-intrusione del cruscotto: Aumento del rischio di lesioni addominali per i passeggeri anteriori, con livelli di intrusione >25 cm predominano le lesioni agli organi solidi; Rischio di lesioni acetabolari o lussazione posteriore dell'anca;</p> <p>-assenza di cinture di sicurezza e di sistema Air-bag: Rischio di gravi lesioni focali e fratture craniche; Aumento del</p>
--------------------------------	--

	<p>rischio di lesioni toraciche;</p> <p>-decelerazione improvvisa: Rischio di gravi lesioni alla testa e al rachide cervicale;</p> <p>-cinematica a sottomarino: Rischio di gravi lesioni AIS3+ addominali e agli arti inferiori;</p>
Cappottamento	<p>-velocità: Maggior rischio di lesioni moderate AIS2+, gravi AIS3+ e mortali;</p> <p>-schiacciamento del tetto: Aumento significativo del rischio di lesioni alla testa e alla colonna vertebrale ogni 10 cm di intrusione;</p> <p>-assenza di cinture di sicurezza: Maggior rischio di lesioni gravi AIS3+ a testa, collo e colonna vertebrale;</p> <p>-espulsione dal veicolo: Aumento del rischio di lesioni multiorgano e mortalità;</p> <p>-rotolamenti arrestati da oggetti inermi: Gravi lesioni alla testa, rachide cervicale e viso.</p>

Tabella 5. **Rappresentazione delle variabili secondarie riscontrate.**

4.2 LIMITI DELLO STUDIO

Gli articoli sono stati selezionati in maniera non direttamente correlata al nursing. Sono stati utilizzati degli studi che spesso avevano obiettivi differenti e grazie all'utilizzo dei dati estrapolati è stato poi possibile applicare i risultati nel campo infermieristico.

La ricerca, inoltre, non è stata effettuata su tutti gli articoli presenti all'interno delle banche dati risultando così, incompleta.

Durante l'elaborazione dei dati è emerso un altro limite, non è stato possibile effettuare una precisa distinzione tra gli occupanti dei sedili posteriori e anteriori. In tal modo i dati ottenuti non erano in grado di far distinguere le tipologie di lesioni in tutti gli occupanti, in base ai posti in cui erano seduti all'interno dell'autovettura.

Capitolo 5

5.1 CONCLUSIONI

L'associazione riscontrata tra le tipologie di collisioni e le lesioni, conferma che l'insorgenza e la gravità di queste ultime variano al variare delle condizioni cinematiche.

Attualmente la poca letteratura sull'argomento non permette ancora di effettuare un'analisi completa e dettagliata dei patterns di lesioni correlate alla tipologia di incidente stradale, nonostante quest'ultima potrebbe rivelarsi una vera e propria strategia per l'équipe di soccorso.

Effettuando ulteriori approfondimenti, attraverso l'integrazione di più articoli e studi, si potrebbero classificare le tipologie di lesioni in base alla cinematica della collisione per tutte le tipologie di impatto, in modo tale da agevolare gli infermieri soccorritori e tutto il personale medico nella previsione di lesioni sia occulte che non, aumentando così, la probabilità di sopravvivenza dell'assistito.

L'elaborazione di un indice di sospetto da parte dell'infermiere è estremamente importante perché ha lo scopo di individuare e trattare tempestivamente le lesioni prima ancora che si manifestino con segni e sintomi importanti, la cui comparsa è spesso espressione di superamento dei meccanismi di compenso fisiologici. Per far sì che tale indice sia il più accurato possibile bisogna raccogliere le informazioni valutando la scena già al momento dell'arrivo sul luogo dell'incidente. L'infermiere, infatti, deve esaminare velocemente e scrupolosamente, attraverso un'attenta analisi, lo scenario del luogo di soccorso, poiché, come evince dallo studio, la dinamica dell'incidente stradale può dare indicazioni sulla tipologia di lesioni presenti, sulla loro gravità e localizzazione anatomica. Questa fase è molto importante perché la gravità delle condizioni del paziente e delle lesioni che presenta, non sempre sono correlate all'entità delle lesioni macroscopicamente evidenti. Inoltre, la rapidità e l'adeguatezza dell'intervento sanitario possono ridurre del 20-30% la mortalità e gli esiti invalidanti (Rosa Maria Gaudio 2007). In conclusione, i dati sugli incidenti stradali, potrebbero migliorare la capacità dei fornitori di servizi medici di emergenza nel valutare gli occupanti feriti.

Adottare una metodologia incentrata sulla classificazione delle lesioni che avvengono più frequentemente, prendendo in considerazione tutte le variabili fondamentali, potrebbe permettere di utilizzare un sistema maggiormente mirato per tutto il personale d'emergenza, nella gestione di queste ultime, permettendo l'identificazione precoce, un'adeguata comprensione e trattamento appropriato delle lesioni sottostanti.

Bibliografia

- Champion Howard R , Luigi V Lombardo , Ellen Kalin Shair. **The importance of vehicle rollover as a field triage criterion** *The Journal of trauma* 2009 agosto;67(2):350-7 DOI: 10.1097/TA.0b013e3181aabdc7
- Carol Conroy, David B Hoyt , Un Brent Eastman , Steve Erwin , Sharon Pacyna. **Rollover crashes: Predicting serious injury based on occupant, vehicle, and crash characteristics** *Accident Analysis & Prevention Volume 38, Issue 5, settembre 2006 , pagine 835-842* DOI: 10.1016/j.aap.2006.02.002
- D. Claire Gloeckner, Tara LA Moore , Duane Steffey , Hoa Le-Resnick , Cleve Nudo. **Implications of Vehicle Roll Direction on Occupant Ejection and Injury Risk** *Association for the Advancement of Automotive Medicine Annual Scientific Conference 2006;50:155-70*
Link: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16968635/>
- Davidson, Giana H. MD, MPH; Rivara, Frederick P. MD, MPH; Mack. **Validation of prehospital trauma triage criteria for motor vehicle collisions** *Journal of Trauma and Acute Care Surgery: March 2014 - Volume 76 - Issue 3 - p 755-761* Link: journals.lww.com/jtrauma/Abstract/2014/03000/Validation_of_prehospital_trauma_triage_criteria.27.aspx
- GA Mattos, RH Grzebieta, signor Bambach & come McIntosh. **Head Injuries to Restrained Occupants in Single-Vehicle Pure Rollover Crashes** *Association for the Advancement of Automotive Medicine 2013;14(4):360-8* DOI: 10.1080/15389588.2012.722735
- Gerald S. Poplin , , Timothy L. McMurry , Jason L. Forman , Thomas Hartka , Gwansik. **Nature and etiology of hollow-organ abdominal injuries in frontal crashes** *Accident Analysis & Prevention Volume 78, May 2015, Pages 51-57* DOI: 10.1016/j.aap.2015.02.015

- J R Crandall 1, P G Martin, E M Sieveka, W D Pilkey, P C Dischinger, A R Burgess, T D O'Quinn, C B Schmidhauser. **Lower limb response and injury in frontal crashes** *Volume 30, Issue 5, September 1998, Pages 667-677 DOI: 10.1016/s0001-4575(98)00006-2*
- James R Funk, Joseph M Cormier, Sarah J Manoogian. **Comparison of risk factors for cervical spine, head, serious, and fatal injury in rollover crashes** *Accident Analysis & Prevention Volume 45, March 2012, Pages 67-74 DOI :10.1016/j.aap.2011.11.009*
- Jeya Padmanaban, Stein Husher. **Occupant Injury Experience in Rollover Crashes: An In-Depth Review of NASS/CDS** *Association for the Advancement of Automotive Medicine 2005; 49: 103–118 Link: ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3217447/*
- Jingwen Hu , MS, Jong B. Lee , Ph.D., King H. Yang , Ph.D., e Albert I. King. **Injury Patterns and Sources of Non-Ejected Occupants in Trip-Over Crashes: A Survey of NASS-CDS Database from 1997 to 2002** *Association for the Advancement of Automotive Medicine 2005; 49: 119–132*
DOI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3217452/>
- Jingwen Hu 1, Clifford C Chou, King H Yang, Albert I King. **A weighted logistic regression analysis for predicting the odds of head/face and neck injuries during rollover crashes** *Association for the Advancement of Automotive Medicine 2007;51:363-79*
Link: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18184502/>
- Karthikeyan Ekambaram, Richard Frampton & James Lenard. **Factors associated with chest injuries to front seat occupants in frontal impacts** *Traffic Injury Prevention, Volume 20, Issue sup2 (2019) Link: https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1654606*
- Konrad M Dobbertin, Michael D Freeman, William E Lambert, Michael R Lasarev, Sean S Kohles. **The relationship between vehicle roof crush and head, neck and**

spine injury in rollover crashes *Accident Analysis & Prevention Volume 58, September 2013, Pages 46-52* DOI: 10.1016/j.aap.2013.04.020

- Lamielle, S. Cuny, JY. Foret-Bruno, P. Petit, P. Vezin, JP. Verriest, and H. Guillemot. **Abdominal Injury Patterns in Real Frontal Crashes: Influence of Crash Conditions, Occupant Seat and Restraint Systems.** *Association for the Advancement of Automotive Medicine. Conference. Annual proceedings 2006; 50:109-24*
link: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16968632/>
- Masahito Hitosugi, Mayumi Maegawa, Yasuki Motozawa, Masahito Kido, Hitoshi Kawato, Toshiaki Nagai, Shogo Tokudom. **Analysis of cervical injuries in persons with head injuries.** *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology: marzo 2008 - Volume 29 - Numero 1 - p 23-26* DOI: 10.1097/PAF.0b013e3181651b8a
- Mohannad B. Ammori and Fikri M Abu-Zidan. **The biomechanics of lower limb injuries in frontal-impact road traffic collisions** *African health sciences 2018 giu;18(2):321-332*
DOI :10.4314/ahs.v18i2.17
- N Yoganandan 1, FA Pintar, TA Gennarelli, Signor Maltese. **Patterns of Abdominal Injuries in Frontal and Side Impacts** *Association for the Advancement of Automotive Medicine 2000;44:17-36* Link: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11558081/>
- Raul Coimbra, Carol Conroy,*, David B. Hoyt b, Sharon Pacyna, MarSue Maya. **The influence of damage distribution on serious brain injury in occupants in frontal motor vehicle crashes** *Accident Analysis & Prevention Volume 40, Issue 4, July 2008, Pages 1569-1575* DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.04.004>
- Richard Frampton, Giacomo Lenard, Sabina Compigne. **An In-depth Study of Abdominal Injuries Sustained by Car Occupants in Frontal Crashes** *Association*

for the Advancement of Automotive Medicine Annual Scientific Conference
2012;56:137-49 Link: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23169124/>

- Tara L. A. Moore, Ph.D. and Vinod Vijayakumar, D.Phil. Duane L. Steffey, Karuna.
Biomechanical Factors and Injury Risk in High-Severity Rollovers *Association for the Advancement of Automotive Medicine Annual Scientific Conference 2005; 49: 133–150* Link: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3217444/>
- Timothy L McMurry, Dipan Bose, Stephen A Ridella, Ana M Eigen, Jeff R Crandall, Jason R Kerrigan. **Epidemiology of moderate-to-severe injury patterns observed in rollover crashes** *Accident Analysis & Prevention Volume 90, maggio 2016, pagine 36-40* DOI: 10.1016/j.aap.2016.01.018

Ringraziamenti

Innanzitutto, ringrazio la mia professoressa, dott.ssa Paola Graciotti, per aver appoggiato le mie idee fin dall'inizio, per avermi permesso di realizzarle aiutandomi con preziosi consigli nella costruzione di questa tesi.

Tra le prime persone che voglio ringraziare ci sono i miei genitori, coloro che mi hanno permesso di fare quest'esperienza. Grazie per avermi supportata, per aver accettato la mia testardaggine nel voler a tutti i costi frequentare questa università, so che la distanza non è stata facile da vivere e nonostante questo non avete mai smesso di incoraggiarmi, anche quando le cose andavano male. Sappiate che grazie a voi, in questi quattro anni, ho vissuto alcuni dei momenti più belli della mia vita.

Ho incontrato Marco, il mio porto sicuro. Spesso un punto fermo in mezzo al caos. Colui che ha reso indimenticabili i miei giorni felici e che ha dato un senso a quelli più tristi. Grazie, Marco, per essermi stato vicino ogni volta che ne ho avuto bisogno, prendendoti cura di me nei giorni più bui. Grazie per tutte quelle sere in cui mi hai ascoltato ripetere fino a notte fonda, per tutte quelle volte in cui mi hai ricordato cosa posso essere in grado di fare, per tutte le volte in cui mi hai aiutata a raggiungere il mio obiettivo. Grazie, per aver creduto in me, sempre.

Ho incontrato la mia seconda famiglia, coloro con cui ho vissuto per più di due anni, Francesca ed Alessandra. Le mie infermiere personali. Grazie per l'affetto che mi avete donato, per le giornate passate insieme tra una risata e l'altra e per tutte quelle volte in cui mi avete aspettata con un bicchiere di vino pronto. Non dimenticherò mai le feste di compleanno, i pranzi insieme, gli stendini rotti, le diete mai rispettate, le assurde challenge finite male, gli allenamenti a metà, i litigi per gli spoiler e.. potrei continuare all'infinito.

Ho conosciuto Romina, fedele compagna di disavventure universitarie. Questa facoltà ci ha fatto vivere tante emozioni forti e sono contenta di averle condivise insieme a te. Tra un pianto isterico e una risata, alla fine, ce l'abbiamo fatta!

Ho incontrato degli amici fantastici, persone umili, gentili e a volte completamente fuori di testa. Persone con le quali ho costruito momenti memorabili e ricordi indimenticabili.

Grazie per aver movimentato la mia vita, per aver gioito e festeggiato insieme a me. La vostra compagnia e la vostra presenza è stata ed è una grande fortuna.

Ho incontrato tante persone qui, e tutte hanno contribuito a rendere magico questo viaggio. Ma devo ringraziare tante altre persone che ci sono sempre state.

Ringrazio mio fratello, per essere stato dalla mia parte fin dall'inizio.

Ringrazio la mia storica amica Simona, per essermi stata accanto seppur lontane, letteralmente lontane ma vicine. Grazie Simy, per tutte quelle volte in cui ci sei stata.

Un ringraziamento alla mia enorme famiglia, zii e cugini, per il calore e l'affetto con la quale mi avete fatto crescere. Siete una certezza. Un supporto su cui contare sempre, nel bene e nel male. Siete la famiglia che avrei scelto se fosse stato possibile scegliere.

Noi sappiamo che la nostra così profonda unione è frutto di due pilastri che oggi non ci sono più, nonno e nonna, a cui voglio riservare un profondo e intimo ringraziamento. A loro dedico parte di questo traguardo. Grazie nonni per quello che avete lasciato dentro il mio cuore.

Infine, voglio ringraziare me stessa, per avercela fatta nonostante tutto.

In queste ultime righe di ringraziamenti voglio dedicare un pensiero a tutte le persone che durante il percorso universitario hanno iniziato a soffrire di ansia e attacchi di panico e che a causa di ciò, non sono riusciti a concludere gli studi. Non siete soli.

Grazie a tutti, di cuore.