



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

Scuola di Ingegneria  
Master II Livello in Ingegneria Legale

# **Gli impatti a bassa velocità: aspetti biomeccanici e tecniche ricostruttive**

**Candidato**

Ing. Alberto Sartori

**Relatore**

Dott. Franco Zuppichini

**Tutor Universitario**

Prof. Dario Vangi

# INDICE

---

---

<b>1. Sommario e finalità .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Introduzione .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Cinematica degli autoveicoli .....</b>	<b>12</b>
3.1 Modello impulsivo a un grado di libertà.....	13
3.2 Il coefficiente di restituzione.....	16
3.3 Calcolo delle velocità con metodo impulsivo.....	17
3.4 Il metodo energetico .....	20
3.5 Durata della collisione e accelerazione del veicolo tamponato .....	22
<b>4. Il comportamento degli autoveicoli nei tamponamenti a bassa velocità ....</b>	<b>24</b>
4.1 Set-up sperimentale .....	25
4.2 Comportamento strutturale del paraurti .....	30
4.3 I danni ai veicoli.....	34
4.4 Gli impatti di tipi underride/override.....	38
4.5 Discussione dei parametri cinematici fondamentali .....	42
4.6 Revisione della letteratura .....	45
<b>5. a biomeccanica delle lesioni traumatiche negli impatti a bassa velocità.....</b>	<b>56</b>
5.1 Richiami anatomici e patologici del rachide cervicale.....	57
5.2 Il meccanismo della Whiplash Injury.....	66
5.3 Interazione tra veicolo ed occupanti.....	71
5.4 L'amplificazione dell'accelerazione del rachide cervicale.....	74
5.5 Soglia lesiva ed eziopatogenesi .....	76
5.6 La determinazione sperimentale della soglia lesiva.....	79
5.7 Indici adottati per la Whiplash Injury.....	92

<b>6. La ricostruzione biomeccanica di impatti con Whiplash Injury .....</b>	<b>98</b>
6.1 Gli errori più frequenti.....	99
6.2 Perizia numero 1 - ergonomica .....	104
6.3 Perizia numero 2 - medicolegale .....	112
6.4 Perizia numero 3 – ergonomica e medicolegale.....	117
6.5 Perizia numero 4 – ergonomica e medicolegale.....	124
<b>7. Conclusioni .....</b>	<b>136</b>
<b>8. Bibliografia.....</b>	<b>140</b>

# 1. SOMMARIO E FINALITÀ

---

Il presente lavoro è stato effettuato allo scopo di discutere lo stato dell'arte sui tamponamenti automobilistici a bassa velocità e sui conseguenti meccanismi lesivi al complesso cranio-cervicale dei trasportati.

Nel dettaglio, si è cercato di chiarire i motivi secondo cui l'entità dei danni subiti dai veicoli non possa essere ritenuta un indicatore affidabile della velocità relativa con cui gli stessi sono arrivati all'urto, né tanto meno delle sollecitazioni a cui sono sottoposti i suoi occupanti.

Il meccanismo lesivo di una Whiplash Injury (cosiddetto, con termine popolare, "colpo di frusta") è molto complesso, multifattoriale e parzialmente non noto. Esso è influenzato da una vasta serie di variabili che riguardano la postura degli occupanti al momento dell'urto, le loro caratteristiche fisiologiche, il sesso, l'utilizzo dei dispositivi di ritenuta, la tipologia di sedile e l'altezza del poggiatesta.

Sono stati proposti un iter riproducibile per la determinazione dei parametri necessari alla ricostruzione cinematica e biomeccanica dell'evento, anche in considerazione dei parametri di natura biologica.

Oltre ad una revisione della recente letteratura scientifica sull'argomento, sono state riviste e commentate le più recenti teorie sul movente eziopatogenetico, e vengono discusse alcune posizioni peritali comprendenti criteri aggiornati, sia dal punto di vista tecnico-ricostruttivo che medico-legale.