

## AUTOTRAIN EUROPE

Vorlesung: Crashverhalten  
Biomechanik: Die Extremitäten  
Hugo Mellander



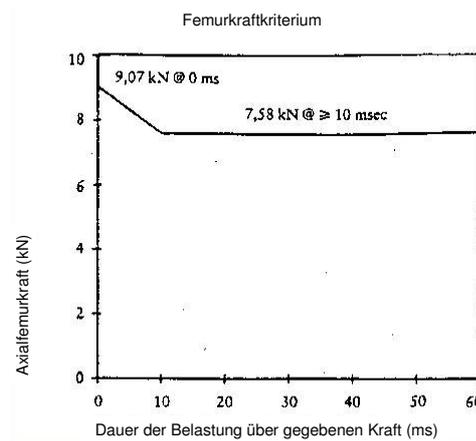
## Aufprallbiomechanik

- Verletzungskriterien und Toleranzebenen für Beine (Frontalaufprall)
  - Femur (Mittelgroßer Mann)
    - Axialkraft  $\leq 10$  kN (USA) und Femurkraft Kriterium (FFC - Femur Force Criterion) (EU)
  - Tibia (Mittelgroßer Mann)
    - Axialkraft  $\leq 8$  kN Tibia Index (EU)

## Femurtoleranz

ika

Femurtoleranz nach EG Richtlinie 70/156/EEC



3

© ika 3ag0010.ppt

## Tibiatoleranz

ika

Tibiatoleranz nach EG Richtlinie 70/156/EEC

Der Tibiaindex wird auf Basis der Biegemomente ( $M_x$  and  $M_y$ ) berechnet, die anhand Abschnitt 5.1 gemessen wird. Für die Berechnung gilt:

$$TI \leq 1,3 \quad TI = \left| \frac{M_R}{(M_C)_R} \right| + \left| \frac{F_Z}{(F_C)_Z} \right|$$

Mit:

- $M_x$  = Biegemoment in x-Richtung
- $M_y$  = Biegemoment in y-Richtung
- $(M_C)_R$  = Kritische Biegemoment. Wird als 225 Nm angenommen
- $F_z$  = Axialdruckkraft in z-Richtung
- $(F_C)_z$  = Kritische Druckkraft in z-Richtung. Wird also 35,9 kN angenommen

$$M_R = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}$$

Der Tibiaindex wird jeweils an der oberen Seite als auch der unteren Seite der Tibia berechnet, während  $F_z$  an beiden Seiten gemessen wird. Daraus resultierenden Werte werden zur Berechnung der TI an beiden Seiten benutzt. Die Momente  $M_x$  and  $M_y$  sind an beiden Orten getrennt voneinander gemessen.

4

© ika 3ag0010.ppt

## Bewertungskriterien der Verletzung

ika

Injury assessment criteria	Child dummies		Adult dummies		
	3-yr-old	6-yr-old	Small female	Midsize male	Large male
<b>Head</b>					
15-ms HIC	570	723	779	700	670
Peak acceleration (G)	175	189	193	180	175
<b>Head--neck junction (Minimum)/80% muscle tone</b>					
Flexion moment (Nm)	42	60	95	190	250
Extension moment (Nm)	(17)/22	(24)/30	(39)/49	(77)/96	(102)/127
Axial tension (N): see Fig. 4.3					
Axial compression (N): see Fig. 4.4					
Forc/aft shear (N): see Fig. 4.5					
<b>Neck--thorax junction (Minimum)/80% muscle tone</b>					
Flexion moment (Nm)	100	144	228	461	600
Extension moment (Nm)	(41)/53	(58)/72	(94)/118	(187)/233	(245)/305
<b>Chest</b>					
Sternal compression (mm)	28	31	41	50	55
Sternal compression rate (m/s)	8.0	8.5	8.2	8.2	8.2
Spine acceleration (G)	55	60	73	60	54
<b>Legs</b>					
Femur compression (N): see Fig. 4.6					
Tibia--femur trans. (mm)	—	—	12	15	17
Tibia plateau compression					
Medial or lateral (N)	—	—	2,552	4,000	4,920
Tibia compression (N)	—	—	5,104	8,000	9,840
Tibia index*					
MC (Nm)	—	—	1	1	1
PC (kN)	—	—	115	225	307
PC (kN)	—	—	22.9	35.9	44.2
Ankle moment (Nm)	—	—	115	225	307

\*Tibia index =  $M(t)/MC + P(t)/PC$  where  $M(t)$  is the resultant bending moment and  $P(t)$  is the absolute value of the corresponding axial compressive force at time  $t$ .  
HIC: Head Injury Criterion.

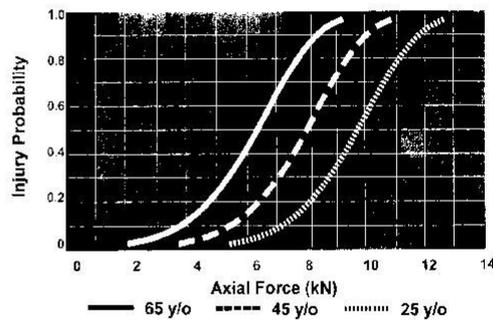
5

© ika 3ag0010.ppt

## Risikofunktion für die Axialbelastung der Fuß-Knöchelkomplex

ika

FIGURE 19.30. Axial loading. Modified from: Yoganandan, Pintar, Boynton, Begeman, Prasad, Kuppa, Morgan, and Eppinger: Axial Tolerance of the Human Foot-Ankle Complex, 40th Stapp Car Crash Conference Proceedings, 1996.



6

© ika 3ag0010.ppt

## Überprüfung des vorhandenen Wissens über die Toleranz der Beine

ika

TABLE 19.9. Femur strength.

	Male	Female
Torque (N*m)	175	136
Range	141-222	78-207
Bending (kN)	3.92	2.58
Range	3.43-4.66	2.26-3.33
Average maximum moment (N*m)	310	180
Long axis compression (kN)	7.72	7.11
Range	6.85-8.56	5.63-8.56

TABLE 19.10. Tibia strength.

	Male	Female
Torque (N*m)	89	56
Range	63-110	47-63
Bending (kN)	3.36	2.24
Range	2.30-4.90	1.86-2.65
Average maximum moment (N*m)	207	124
Long axis compression (kN)	10.36	7.49
Range	7.05-16.39	4.89-10.37

TABLE 19.11. Fibula strength.

	Male	Female
Torque (N*m)	9	10
Range	6-12	8-16
Bending (kN)	0.44	0.30
Range	0.35-0.54	0.21-0.39
Average maximum moment (N*m)	27	17
Long axis compression (kN)	0.60	0.48
Range	0.24-0.88	0.20-0.83

7

© ika 3ag0010.ppt

## Die obere Extremitäten werden in die herkömmlichen Vorschriften nicht erfasst

ika

8

© ika 3ag0010.ppt

## Überprüfung des vorhandenen Wissens über die Toleranz des Armes

ika

TABLE 19.8. Radius and ulna strengths.

	Male		Female	
	Radius	Ulna	Radius	Ulna
Bending (kN)	1.20	1.23	0.67	0.81
Range (kN)	0.98-1.77	0.98-2.16	0.54-0.88	0.69-0.98
Maximum moment (N*m)	48	49	23	28
Failure torques (N*m)	22	14	17	11
Range	16-27	8-21	13-23	9-13
Transverse Crush (kN)	5.15	5.39	3.83	3.04
Compression along long axis (kN)	3.28	2.21	2.16	1.29
Range	2.35-4.21	1.76-2.84	1.03-3.18	0.88-1.71