

Klinische Originalbeiträge

Die Fahrradlenkerverletzung, eine typische Verletzung im Kindesalter

U. Schütze, R. Dietz, R. Daum, H. Kaboth

Klinikum der Universität Heidelberg, Zentrum Chirurgie, Abteilung Kinderchirurgie, Heidelberg (Ärztl. Direktor: Prof. Dr. R. Daum)

Anhand von 19 Fahrradlenkerverletzungen im Bereich des kindlichen Abdomens wurden Berechnungen der beim Sturz auf das Fahrradlenkerende freiwerdenden Kräfte angestellt. Es zeigt sich, daß bei dem Sturz auf das Fahrradlenkerende Kräfte bis zu 97 m H₂O auf das kindliche Abdomen einwirken, die zu Milz-, Pankreas- und Magen-Darm-Rupturen führen. Durch Veränderungen des Lenkerendes sowie durch Konstruktion plastisch verformbarer Fahrradlenker könnten diese enormen Kräfte, die auf das kindliche Abdomen einwirken, gemindert werden.

Injuries on the handlebar of a cycle: a typical injury in childhood

19 cases of abdominal injuries of children, caused by a fall upon the handlebar of a cycle, are discussed. The forces which act upon a child's abdomen while falling against the handlebar have been calculated. There arise forces up to 97 m H₂O against the abdomen of the child, which may result in ruptures of spleen, pancreas or intestines. If the end of the handlebar could be changed or if handles can be developed which are deformable, the enormous forces which act upon the abdomen of a child can be reduced.

Die Diagnose „stumpfe Bauchverletzung“ nimmt mit zunehmender Verkehrsdichte einen relativ großen Raum in der Skala der Verletzungsfolgen ein. Gemessen an den Schädel-Hirntraumen und Extremitätenverletzungen, die im eigenen Krankengut mit 52% bzw. 38% den größten Anteil ausmachen, tritt sie jedoch mit nur 6% in den Hintergrund.

Ein nicht unwesentlicher Anteil der stumpfen Gewaltwirkung auf das kindliche Abdomen wird durch den Sturz auf den Fahrradlenker – ein geradezu typischer Unfallmechanismus im Kindesalter – verursacht (Abbildung 1). Im eigenen Krankengut kamen in den vergangenen 5 Jahren 19 Kinder mit einer Fahrradlenkerverletzung zur stationären Aufnahme. Dies entspricht 11,8% aller stumpfen Bauchverletzungen (161). Betroffen von der Verletzung wurden Kinder zwischen dem 5. und 13. Lebensjahr. Die Jungen (13) waren durch ihr spielaggressiveres Verhalten von dem Unglück doppelt so häufig betroffen als die Mädchen (6).

Während die äußeren Verletzungsmerkmale meist nur geringfügig sind, in einer kleinen, dem Fahrradlenkerende entsprechenden (Abbildung 2), kreisrunden Prellmarke mit umgebender Hautabschürfung bestehen, verbergen sich im Abdominalraum häufig schwerste Organverletzungen (Tabelle 1).

Bedingt durch die topographisch-anatomischen Besonderheiten des Pankreas, kommt es bei diesem Un-

fallmechanismus nicht selten zu Läsionen der Bauchspeicheldrüse. In Höhe von L₁ und L₂ zieht der Pankreaskörper als ein queres Wulst über die Lendenwirbelsäule. Besonders das Tuber omentale ist bei einem Sturz auf das Fahrradlenkerende gefährdet. Beim Sturz auf das Lenkerende, einer Fläche von ca. 3 cm², wird die Druckwelle auf den Drüsenkörper übertragen, der durch die Wirbelkörper keine Ausweichmöglichkeit besitzt und birst (Abbildung 3).

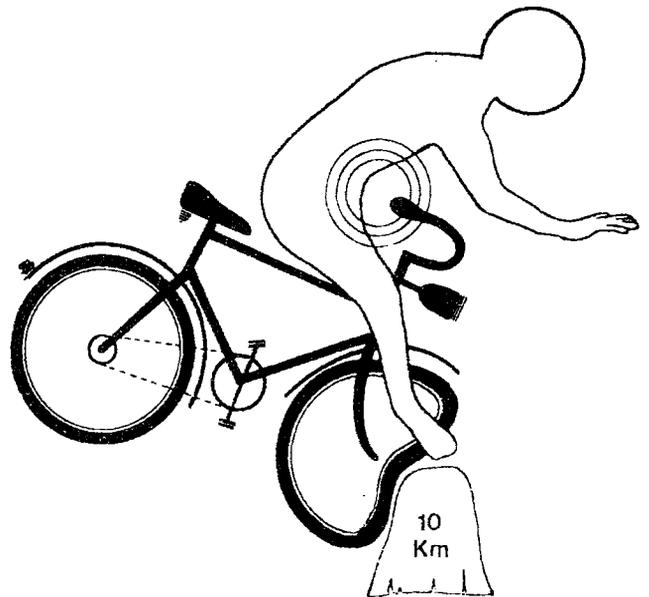


Abbildung 1. Sturz auf den Fahrradlenker. Eine geradezu typische Verletzung im Kindesalter.

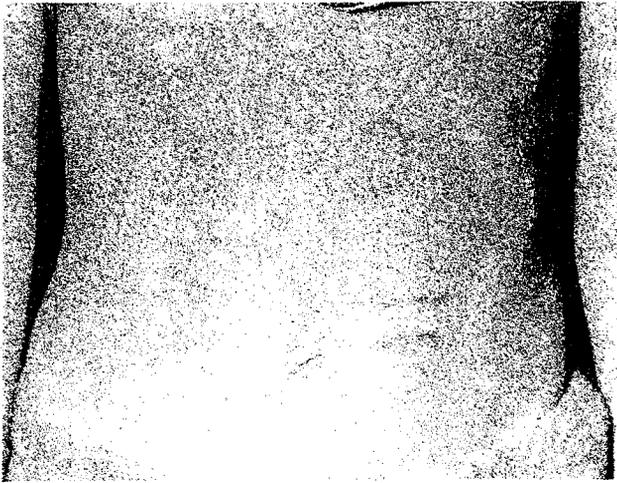


Abbildung 2. Kreisrunde Prellmarke des Fahrradlenkers im linken Oberbauch. Die Verletzung führte zur Milzruptur.



Abbildung 3. Stumpfe Pankreasverletzung bei 7jährigem Jungen. Entwicklung einer Fistel; Fistelfüllung: Darstellung des Ductus pancreaticus.

In unserem Krankengut kam es in einem Viertel der Fälle zur Pankreasruptur, einer Verletzung, die wegen der verschleierten klinischen Symptomatik unsere ganze Aufmerksamkeit verlangt. Ein pathognomonisches Zeichen für eine Schädigung der Bauchspeicheldrüse gibt es nicht. In wenigen Fällen kann ein sympathischer linksseitiger Pleuraerguß auf die Läsionen aufmerksam machen. Als uncharakteristisch hat sich ein Amylasenanstieg im Serum erwiesen. Die Sonographie hat sich als diagnostisch wertvolle Untersuchung bei Pankreasläsionen erwiesen.

Das operative Vorgehen richtet sich nach der Lokalisation und dem Ausmaß der Pankreasverletzung. Bei einer Kapselzerreißung mit Ödem genügt die Drainage.

Name	Alter	Art der Verletzung	Lenker-Typ	OP	♂ ♀
S.M.	5	Prellung des Abdomens	A	-	♂
B.I.	7	Prellung des Abdomens	A	-	♀
St.M.	12	Prellung des Abdomens	A	-	♀
T.O.	12	Prellung des Abdomens	C	-	♂
S.T.	8	Faszienzerreißung der Bauchdecken	A	+	♂
G.P.	5	Pankreasruptur	A	+	♀
S.G.	6	Pankreasruptur	A	+	♂
F.A.	9	Pankreasruptur	A	+	♂
R.H.	7	Pankreasruptur	A	+	♂
U.F.	8	seromuskuläre Verletzung des Jejunum + Mesenterialeinriß	A	+	♂
D.O.	5	Dünndarm-Seroeinriß	A	+	♂
H.R.	5	Dünndarm-Perforation	A	+	♂
B.M.	5	Dünndarm-Perforation	A	+	♀
E.E.	10	Dünndarm-Perforation	A	+	♀
P.R.	12	subseröse flächenhafte Blutung im Mesokolon des Colon ascendens	C	+	♂
L.A.	6	Zentrale Leberruptur	A	+	♂
D.M.	6	Lebereinriß	A	+	♂
Z.B.	8	subseröses Milzkapselhämatom	A	+	♀
H.I.	13	Milzruptur	B	+	♂

Tabelle 1. Bauchtrauma als Fahrradlenkerverletzung.

Bei einer Ruptur bzw. Durchtrennung des Drüsenkörpers muß die Pankreasresektion durchgeführt werden. Kommt es zur Ausbildung einer Pseudozyste, die als prallelastischer Oberbauchtumor imponiert und zur Kompression des Duodenums führt, ist die Zystogastro- oder Zystojejunostomie nach Roux die Methode der Wahl.

Rupturen des Dünndarmes stellen die zweithäufigste Verletzungsfolge beim Sturz auf den Fahrradlenker dar (Abbildung 4). Die Symptomatik ist hierbei eindeutig. Das klinische Bild des akuten Abdomens steht ganz im Vordergrund und zwingt zur unverzüglichen chirurgischen Intervention.

Wesentlich problematischer sind traumatische Leberrupturen (Abbildung 5). Prellmarken und Hämatome im Bereich des Hypochondriums oder der rechten unteren Thoraxpartie sollten den Verdacht auf eine Verletzung der Leber lenken. Häufig kann erst die Probelaaparotomie die endgültige Klärung über eine Leberverletzung erbringen. Reicht die Zeit zur diagnostischen Abklärung, sollte man die selektive Zöliakographie ver-

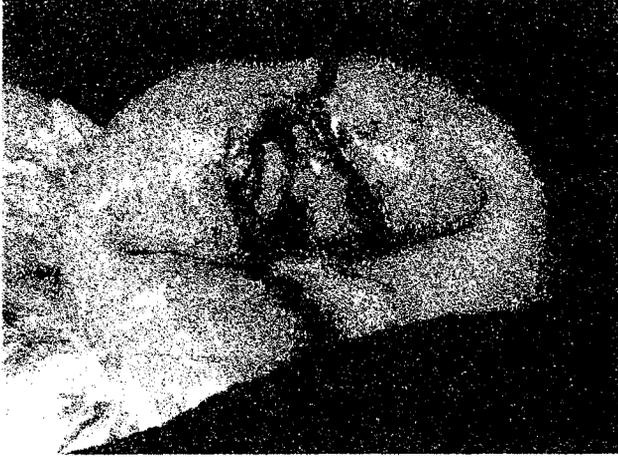


Abbildung 4. Dünndarmruptur als Folge einer Fahrradlenkerverletzung.



Abbildung 5. Lebereinriß genau unter der Druckmarke.



Abbildung 6. Zöliakographie: Milzruptur nach stumpfer Gewaltwirkung.

anlassen, die gleichzeitig über zusätzliche Organverletzungen Aufschluß geben kann. In der akuten Phase sind szintigraphische Untersuchungen der Leber überflüssig und zeitraubend. Die Behandlung richtet sich nach dem

Ausmaß der Verletzung. Bei einfachen Lebereinrisen genügt die Lebernaht mit Kollagenbändern oder dicken Catgutfäden, bei Zertrümmerung des Leberparenchyms werden Resektionen erforderlich.

Isolierte Milzrupturen bieten keine diagnostischen Probleme. Einen Hinweis für die Verletzung gibt die kreisrunde Prellmarke im linken Hypochondrium. Die massive Abwehrspannung im linken Oberbauch, verbunden mit einer Schocksymptomatik, Ansteigen der Leukozytenzahl verlangt die unverzügliche Laparotomie. Die Fixation der Milz an der seitlichen Bauchwand, eine anatomische Variante, kann gelegentlich die Symptomatik verschleiern. Hier hilft die Zöliakographie (Abbildung 6), die Verdachtsdiagnose zu bestätigen.

Weitere Verletzungen infolge Sturz auf den Fahrradlenker stellen retroperitoneale Hämatome, Serosaläsionen, Faszienzerreißen und Bauchwandhämatome dar.

Die Wiederentdeckung des Fahrradfahrens in den letzten Jahren beflügelte die Industrie zur Konstruktion immer neuer, den Kaufreiz stimulierender, Fahrradlenkertypen (Abbildungen 7a-c). Bei der Analyse des Fahrradlenkertyps, der unmittelbar auf das Abdomen einwirkt, ergaben sich insbesondere drei Arten:

1. der sog. Normallenker Typ A,
2. der Rennlenker Typ B,
3. der Bonanzalenker Typ C.

Die meisten Unfälle wurden mit Fahrrädern des Typs A verursacht. Bonanzräder erfreuten sich bei unseren Patienten keiner großen Beliebtheit. Sie wurden bei der Untersuchung der Fahrradtypen nur zweimal gesehen.

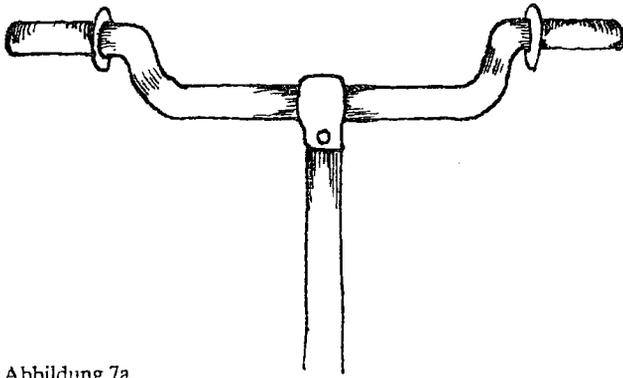


Abbildung 7a

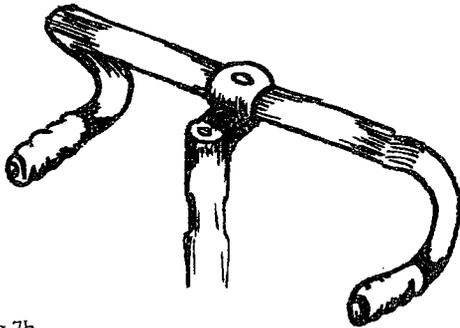


Abbildung 7b

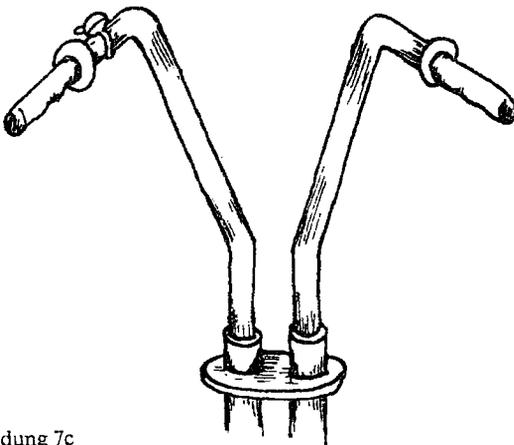


Abbildung 7c

Abbildungen 7a bis 7c. Normallenkertyp A (7a), Rennlenkertyp B (7b), Bonanzlenkertyp C (7c).

Sogenannte Rennlenker wurden aus dem Typ A durch Umstellen des Lenkers von älteren Kindern umfunktioniert. Sie führten in wenigen Fällen zum Unfall. In jedem Fall hängt das Ausmaß der Verletzung von der Größe der Fläche des Fahrradlenkerendes und der einwirkenden Kraft auf das kindliche Abdomen ab. Die einwirkende Kraft ist eine Funktion des Körpergewichtes des Kindes und der bei dem Sturz stattfindenden Verzögerung; diese ist wiederum eine Funktion der Geschwindigkeit und der Bremszeit. Um die dabei wirkenden Drücke zu verdeutlichen sei folgendes Beispiel angeführt:

Körpergewicht des Kindes $G = 25 \text{ kp} (\approx 250 \text{ N})$
 Geschwindigkeit $v_H = 10 \text{ km/h}$
 Handgriffdurchmesser $d = 2,5 \text{ cm} = 2 \text{ r}$
 Verzögerungszeit $\Delta t = 0,5 \text{ s}$

Wird der beim Sturz entstehende Druck nur durch das Körpergewicht erzeugt, dann gilt:

$$p_G = \frac{\gamma G}{r^2 \cdot \pi} = \frac{25 \text{ kp}}{1,25^2 \cdot \pi \text{ cm}^2} = 5,09 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2};$$

$5,09 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$ entsprechen einem Druck von etwa 50 m Wassersäule (WS). Bei höherem Gewicht des Kindes nimmt der Druck entsprechend zu. Bei Verdoppelung des Handgriffdurchmessers des Lenkers wird der einwirkende Druck auf ein Viertel reduziert ($p = 1,27 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$).

Zu der angenommenen Horizontalgeschwindigkeit ($v_H = 10 \text{ km/h}$) muß die durch die Erdbeschleunigung beim Fallen hervorgerufene Vertikalgeschwindigkeit addiert werden, die sich nach

$$v_V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

berechnet ($g \approx \frac{10 \text{ m}}{\text{s}^2}$). Wird eine Fallhöhe von 0,6 m angenommen, so ergibt sich daraus:

$$v_V = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m}}$$

$$v_V = 3,46 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 12,5 \text{ km/h.}$$

Die Gesamtgeschwindigkeit ergibt sich aus

$$v_{\text{ges}} = \sqrt{v_H^2 + v_V^2}$$

$$v_{\text{ges}} = \sqrt{2,78^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} + 3,46^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}$$

$$v_{\text{ges}} = 4,44 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 16 \text{ km/h}$$

Zu dem durch das Körpergewicht hervorgerufenen Druck muß der durch die Verzögerung bedingte Druck addiert werden.

$$p_{\text{verz.}} = \frac{m \cdot \Delta v_{\text{ges.}}}{r^2 \pi \cdot \Delta t}$$

$$p_{\text{verz.}} = \frac{25 \cdot 4,44}{1,25^2 \cdot \pi \cdot 0,5} \frac{\text{kg m}}{\text{s} \cdot \text{s cm}^2}$$

$$p_{\text{verz.}} = 45,23 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2 \text{ cm}^2} = 4,6 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Auch $p_{\text{verz.}}$ würde sich bei Verdoppelung des Handgriffdurchmessers auf ein Viertel reduzieren.

Der insgesamt auf das Abdomen einwirkende Druck beträgt demnach in unserem Beispiel:

$$p_{\text{ges.}} = p_G + p_{V_{\text{err.}}}$$

$$p_{\text{ges.}} = (5,09 + 4,6) \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$p_{\text{ges.}} = 9,69 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \approx 97 \text{ m WS}$$

Wird durch das Unfallgeschehen die Verzögerungszeit geringer, so wird sich $p_{V_{\text{err.}}}$ erheblich erhöhen.

Diskussion

Ein erheblicher Anteil der stumpfen Gewalteinwirkung auf das kindliche Abdomen wird durch den Sturz auf den Fahrradlenker verursacht. Es handelt sich hierbei um einen für das Kindesalter geradezu typischen Unfallmechanismus. Die Kräfte, die dabei wirksam werden, sind nach unseren Berechnungen von erheblicher Größe. Die einwirkende Kraft ist dabei eine Funktion des Körpergewichtes des Kindes und der bei dem Sturz stattfindenden Verzögerung. Diese wiederum ist eine Funktion der Geschwindigkeit und der Bremszeit. Bei einem 7- bis 8jährigen Knaben mit einem Körpergewicht

von 25 kg, und einer Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h, werden bei dem Sturz auf den Fahrradlenker Kräfte von ca. 50 m H₂O wirksam. Bei höherer Geschwindigkeit und bei größerem Körpergewicht nimmt verständlicherweise der Druck entsprechend zu. Addiert man zu dem durch das Körpergewicht hervorgerufenen Druck noch den Druck, der durch die Verzögerung bedingt wird, so errechnen sich Druckwerte, die bis zu 97 m H₂O betragen können.

Es ist nur leicht verständlich, daß bei diesen großen Kräften, die auf das Abdomen einwirken, folgenschwere Organverletzungen hervorgerufen werden. Da der Druck, der auf das Abdomen einwirkt, im wesentlichen von dem Durchmesser des Fahrradlenkerendes, welcher das Abdomen trifft, abhängig ist, liegt es nahe, den Handgriff des Lenkers zu vergrößern. Schon bei einer Verdoppelung des Durchmessers des Fahrradlenkerendes würde der einwirkende Druck auf $\frac{1}{4}$ reduziert werden können. Ein weiterer Angriffspunkt, um schwere Fahrradlenkerverletzungen zu reduzieren, wäre die Konstruktion plastisch verformbarer Fahrradlenker, die die Verzögerungszeit herabsetzen könnten, wie dies bei den Pkw-Lenksäulen schon lange üblich ist.

Literatur

1. Beduhn, D.: Der Unfall im Kindesalter. Z. Kinderchir. 11 (1972), 562.
2. Daum, R.: Das stumpfe Bauchtrauma im Kindesalter. Chir. Prax. 21 (1976), 259.
3. Daum, R., W. Ch. Hecker, K. H. Grözinger: Vorgehen bei kindlichen Pankreasverletzungen. Mschr. Unfallheilk. 74 (1971), 457.
4. Daum, R., W. Ch. Hecker, K. H. Grözinger: Die stumpfe Pankreasverletzung im Kindesalter. Z. Kinderchir. Suppl. 11 (1972), 544.
5. Heiss, W., R. Dietz, R. Daum, D. Krumhaar: Mehrfachverletzungen beim stumpfen Bauchtrauma im Kindesalter. Z. Kinderchir. 11 (1972), 372.
6. Trede, M.: Surgical aspects of severe liver trauma. Bull. Soc. Inter. Chir. 5/6 (1971), 506.

Für die Verfasser: Prof. Dr. R. Daum, Klinikum der Universität Heidelberg, Zentrum Chirurgie, Abteilung Kinderchirurgie, Im Neuenheimer Feld 110, D-6900 Heidelberg.