

交通事故による人体の損傷 ～頭部外傷を中心に～

原田一樹*

法医実務において交通事故の被害者を解剖する機会は多い。解剖においては外表と内部の損傷の所見を正しく記録し、その損傷がどのようにして生じたのかを推定する必要がある。本稿では、交通事故で人体に生じる損傷について、身体部位別に概説していく。全身の損傷の中でも、被害者の予後に大きなインパクトを与えるという意味で特に重要であると考えられている頭部外傷を重点的に扱う。近年報告が増加しているエアバッグ損傷については、別に章を設けて解説する。

Traffic Accident Injury with a Focus on Head Injury

Kazuki HARADA*

Traffic accidents are one of the most significant topics in forensic practice. Forensic pathologists must inspect and record each injury caused by traffic accidents to determine how those injuries were inflicted. This article describes traffic accident injuries of each body part, with a special emphasis on head injury, as it has a significant impact on the victim's prognosis. Airbag injuries will be discussed in a separate chapter.

1. はじめに

交通事故は法医実務の中でも重要なトピックの一つである。交通事故によって生じる損傷(交通外傷)のパターンは、被害者が交通機関の乗員か歩行者かで大きく異なる。さらに自動車乗員の場合は、車内での位置(運転席、助手席、後部座席)によって車内構造物を反映して異なる損傷のパターンを呈するし、歩行者と自動車の衝突事故においては、歩行者の身長や衝突時の体勢、車両の速度によって受傷する部位に違いが生じる。

シートベルト着用の義務化やエアバッグなどの安全装備の導入は、自動車乗員の従来の損傷の程度を劇的に軽減させて死亡事故の減少に大きく貢献したが、その装備自体による新たな損傷の報告も増加し

ている。すなわち交通外傷のパターンは、車両の安全技術の進歩によっても変化していく。このように交通外傷は、人間側(被害者側)と交通機関側(車両側)の様々な要素に影響されて多彩な損傷像を示す。

交通事故の被害者の解剖において損傷を正しく記録し、その成傷機転(損傷がどのように生じたかということ)を可能な限り推定して客観的に事故の再構築を試みることは法医学者の重要な責務の一つである。例えば高速で走行していた乗用車が自損もしくは対物事故を起こし、複数の乗員が車外に投げ出されて死亡したような事例においては、事故発生時に誰が運転手だったかを含め、事故時の車内におけるそれぞれの位置を、損傷所見から客観的に推定することを求められる。また、路上で死亡していた被害者の解剖では、交通事故によって死亡したのか否か、もしそうであれば車両との衝突時にどのような姿勢(立位、横臥位など)であったかを推定しなくてはならない。ひき逃げ事件では、加害車両の同定に役立つ損傷所見(タイヤ痕など)を見逃してはな

*防衛医科大学校法医学講座准教授

Associate Professor, Department of Forensic Medicine,
National Defense Medical College

原稿受付日 2015年2月3日

掲載決定日 2015年3月2日

らないし、2台以上の車両が損傷に関与している多重轢過の事例では、どの車両が致死的な損傷を与えたのかを推定しなくてはならない。

交通外傷は、頭部、頸部、体幹、四肢のうち複数箇所の損傷を含む、いわゆる“多発外傷”の形を取ることが多いが、全身の外傷の中でも頭部外傷は交通事故の主要な死因であることが報告されている。さらに頭部外傷の有無は急性期の死亡率や予後を左右し、生存後も学習・記憶障害などの高次脳機能障害によって事故後の生活の質(Quality of Life: QOL)に大きな影響を与え、頭部外傷後遺症による長期入院は医療費を増大させる。このようなことから、頭部外傷は交通外傷において特に重要な損傷であると考えられるため、本稿では頭部外傷に比重をおいて概説する。

なお、交通事故とは、厳密には自動車のみならず自転車、鉄道、船舶、航空機などが関与した事故のことを指すが、本総説では発生頻度が高く、法医実務でも扱う機会が多い自動車による事故を取り上げる。

2. 頭部外傷

頭部外傷とは、頭部に外力が加わることによって生じる頭皮、頭蓋骨、脳の損傷である。外傷による脳の損傷は特に外傷性脳損傷(Traumatic Brain Injury: TBI)と呼ばれ、米国における交通事故による医療機関入院原因の第1位を占めている¹⁾。また、日本における頭部外傷データベースの検討において、交通事故例(歩行者)は急性期重症化の憎悪因子であると同定されている²⁾。

TBIは大きく分けて2つのメカニズムで生じる。①頭部への直接的な外力、および②頭蓋腔内の脳の急速な加速・減速運動である。交通事故という状況下ではしばしば①と②の両方のメカニズムがTBIの発症に寄与する。

【頭部外傷を生じる交通事故状況】

自動車乗員の場合は、事故時にフロントガラスなどの車内構造との衝突によって頭部に損傷を受けることが多い。歩行者が走行中の自動車の前面部分に衝突された場合は、セダン型の乗用車ではまずバンパーが下肢に衝突し、歩行者の身長(重心)や車両の速度などに影響されて、①ボンネット上に跳ね上げられるか、もしくは②車両前方の路面上に飛ばされる。①の場合、フロントガラスやフロントピラーなどによって頭部を打撲することが多く、さらにその後路上に落下した際にも頭部を損傷する。②の場

合、飛ばされた先の路面で頭部を打撲する。高速走行中の車両との衝突のみならず、低速走行中の車両の一部に身体が接触してバランスを崩して転倒し、頭部を打撲して死亡する場合もあるが、このような事故は転倒時に受け身の体勢を取れない高齢者でしばしば報告されている。どのような状況にせよ、交通事故時の多発外傷は、その程度が重篤であればあるほど頭部外傷を含むことが多い。

2-1 頭皮の損傷 Scalp Injury

前述のように、自動車乗員が交通事故に遭遇した場合、頭部を車内構造、特にフロントガラスやサイドガラスに対して強く打撲し、頭部外傷を負うことが多い。頭皮の損傷は、表皮剥脱、皮下出血、挫創、裂創、挫裂創といった鈍器損傷として見られることが多いが、割れたガラスの断端に接触した場合には切創や刺創といった鋭器損傷が生じることもある(損傷に関する各々の用語の意味はTable 1を参照のこと)。頭皮はその他の身体の部位の皮膚と比較して血管に富んでいることから、損傷が表皮を越えて真皮深層にまで達した場合には多量に出血する。乳幼児や高齢者では頭皮からの出血のみでショックに陥ることがあり、健康な成人でも損傷の大きさや深さによっては、他の損傷部位からの出血と合わせて循環動態の不安定化に大きく寄与する可能性がある。しかし、頭皮の損傷が目立たない場合でも、頭蓋内には重篤な損傷が生じていることもしばしばある。

現在製造される車両において、一般的にフロント

Table 1 損傷に関する用語の説明

鈍器 損傷	表皮剥脱	鈍体*が皮膚の表面に作用して表皮が剥離あるいは剥離・欠損し、真皮を露出した状態(いわゆる“擦り傷”は表皮剥脱の一型である)。
	皮下出血	皮膚に鈍体が打撲あるいは圧迫的に作用して、皮膚組織の離開を伴わずに皮下の血管が破綻して皮下組織内に出血した状態(いわゆる“青あざ”)。
	挫創	鈍体の打撲作用によって、皮膚が挫滅されて“裂けた(離開した)”状態。
	裂創	皮膚が過度に牽引されて“裂けた(離開した)”状態。挫創と異なり、皮膚の離開部と外力が作用した部位とは異なる。
	挫裂創	鈍体による打撲と牽引との同時的作用によって生じた皮膚の離開。挫創と裂創の両方の特徴を持つ。
鋭器 損傷	切創	刃器あるいは鋭利な辺縁を人体表面に押しあて、刃の長軸方向に引いて、あるいは押しでできた創。
	刺創	先端が尖った刃器をその長軸方向に刺入してできた創。

* 1 作用面が平坦、鈍円、鈍稜である物体すべてを指す。

ガラスとサイドガラス（及びリアガラス）の構造は異なっている。フロントガラスには、ガラスとガラスの間に柔軟で強靱な中間膜を挟んで加熱接着した合わせガラスが使用されており、例えば高速道路を走行中に飛び石がフロントガラスに衝突した場合にはガラスにクモの巣状のヒビ割れが生じるが、部分的に欠損したり粉々に飛散したりすることはない。しかし高速走行時の正面衝突事故で頭部が強く衝突した場合には頭部がフロントガラスを貫通することもあり、打撲による頭部外傷に加えて、フロントガラス貫通部辺縁の鋭利な部分によって頭部、顔面、頸部に深く大きな切創が生じることもある。一方、サイドガラスには衝撃抵抗が大きい強化ガラスが用いられており、強い衝撃が加わった場合、フロントガラスとは異なってダイス状、キューブ状に粉々になる。この小ガラス片が顔面に飛散すると、dicing injuryと呼ばれる特徴的な切創様の小線状表皮剥脱群が皮膚に形成されるが、この損傷が見られる部位（顔面の左側、右側など）は、被害者の車内での位置を推定する上で役立つ所見になり得る³⁾。

2-2 頭蓋骨骨折 Skull Fracture

作用面積の大きな鈍体、すなわち路面などによる打撲によって生じる線状骨折や、作用面積の小さい鈍体による打撲によって生じる陥没骨折がある。交通事故の解剖では、被害者が路面や車両のフロントガラスに対して頭部を打撲していることが多いため、線状骨折がよく見られるが、車両との衝突後に路上に倒れた歩行者や泥酔などによって路上で眠り込んでいた人が車底部に巻き込まれた場合などには、車底部に突出した金属部分などで陥没骨折を生じることもある。筆者は、車底部のボルトによって類円形の打ち抜き状の骨折が見られた解剖事例を経験したことがある。

2-3 硬膜外血腫 Epidural Hematoma (EDH)

頭蓋内では脳は3種類の髄膜（硬膜、クモ膜、軟膜）に包まれている（Fig.1）。硬膜は頭蓋骨のすぐ内側に位置する結合織性の強い白色の膜であり、透明なクモ膜と軟膜は脳表面に密着して脳を覆っている。

硬膜外血腫（EDH）は、頭蓋骨内面と硬膜表面との間に血腫が形成された病態である。大部分が外傷によって生じ、頭蓋骨の中では比較的薄い側頭骨が骨折した際に硬膜表面を走る動脈（中硬膜動脈）およびその分枝が破綻して出血することが多い。つまり脳の血管ではなく硬膜の血管が出血源である。受

傷後に、一旦意識が回復して意識障害のない期間（意識清明期 lucid interval）があることはよく知られている。頭蓋骨の内面と硬膜表面との間には加齢とともに強くなる癒着があるが、血液がその癒着を剥がすように徐々に貯留していくことが意識清明期を生じる理由である。したがって、交通事故の被害者が事故直後に会話が可能な状態であったとしても、その間にも致死的な血腫増大が進行していることもある。血腫が増大するとやがて脳を圧迫して、後述の脳浮腫や脳ヘルニアから不可逆的な脳障害や死に至る。

2-4 硬膜下血腫 Subdural Hematoma (SDH)

硬膜下血腫（SDH）は、硬膜とクモ膜との間に血腫が形成された病態である。受傷から症状発現までの時間によって急性、亜急性、慢性に分けられる。その時間に関しては国際的に決められたものはないが、現時点ではそれぞれ3日以内、4～20日、21日以上とするのが一般的である。出血の責任血管は脳表面と硬膜とを結ぶ架橋静脈 bridging veinもしくは脳表面を走行する皮質動脈 cortical artery/veinである。原因は、外傷（直接打撲、加速・減速運動）であることが多いが、非外傷性に発症するSDHもしばしば見られる。

シートベルト不着用であった43歳男性の乗用車運転手が交通事故後に意識消失はあったものの病院へは行かず、その4週間後に両側性の硬膜下血腫を発症したという事例など、交通事故後の急性期を症状なしに経過した後、亜急性期、慢性期に血腫が認められることもまれではない^{4, 5)}。Matsudaらは遅発

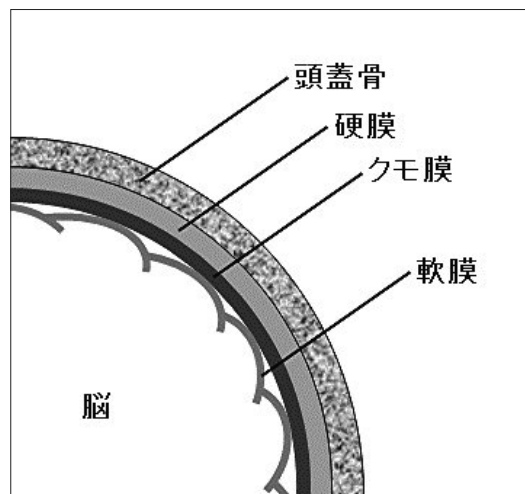


Fig. 1 脳を包む髄膜

性SDHの受傷から血腫診断までの時間は数時間から8カ月と報告している⁶⁾。また、頭部外傷事例の中で、“talk & deteriorate (受傷後に話していた人が急変する、という意味)”や“talk & die (受傷後に話していた人が死亡する、という意味)”として報告されている事例群があるが、主要な病態として急性のSDHを有している事例が多く⁷⁾、交通事故に関連した事例も報告されている⁸⁾。

SDHをさらに複雑な病態にしているのは、ほとんどのEDHにはその発症に頭蓋骨の骨折を伴う程度の強い外力が必要であるのに対して、SDHには軽微な外傷で生じる事例も多数報告されているという事実である。これらの病態に関しての成書の記載はきわめて乏しく、症状発現に至るメカニズムに関して明らかになっていない部分も多い。責任血管はシルビウス裂近傍に位置する皮質動脈の微小分枝であると考えられている。急性期に症状が出現するものは acute spontaneous subdural hematoma of arterial origin (皮質動脈破綻による急性特発性硬膜下血腫)と呼ばれている^{9, 10)}。また、同様の責任血管からの出血が一旦止まり、亜急性期に再出血する硬膜下血腫も多数報告されている^{11, 12)}。

このように、SDHは原因となった外傷から発症、症状発現までの時間が様々であり、軽微な外傷で発症することもあることから、交通事故に関連して発症した場合には事故との因果関係に関する判断がしばしば困難となると思われる。解剖においては、血腫の病理組織検査(臓器や組織の顕微鏡標本作製して形態的变化を調べる)によって血腫形成の時期をある程度推定することが可能であるが、搬送先の病院で血腫を除去されている場合も多く、その場合の推定は困難である。

EDH同様、血腫が増大すると脳を圧迫し、脳浮腫や脳ヘルニアから不可逆的な脳障害に至る。

2-5 クモ膜下出血 Subarachnoid Hemorrhage (SAH)

クモ膜下出血(SAH)は、脳全体を覆う透明のクモ膜と脳表面との間に血液が広がる病態である。外傷性のSAHと、脳動脈瘤破裂や脳動静脈奇形などを原因として生じる非外傷性のSAHがある。外傷性のもは頭部を直接打撲することによって生じる他、衝突事故時に前額部をフロントガラスに強く打ちつけて頸部が過伸展した際に、頸部深部を走行する椎骨動脈が破綻して生じることもある。

交通事故を起こした運転手にクモ膜下出血が見ら

れた場合、その出血が脳動脈瘤などの内因性の原因によって生じたために運転操作を誤ったのか、事故の際の頭部打撲によって生じたのかの鑑別が必要とされる場合がある。医療機関で施行された血管造影などの画像情報が有用であることもあるが、そのみでは判断できない場合もあり、被害者の解剖が行われた場合は、破綻部を同定し、血管破綻の背景に病的な素因があるかどうかを病理組織検査で確認する必要がある。

2-6 脳挫傷 Cerebral Contusion

脳挫傷は、外傷によって脳回表面などに生じる脳実質内の出血で、打撲部位に生じる直撃挫傷(クー・コンテュージョン)と、打撲部位とは離れた部位に生じる対側挫傷(コントレク・コンテュージョン)がある。脳が頭蓋内で大きく揺さぶられた際に脳表面が頭蓋内面に衝突して生じることが多いため、骨隆起が目立つ頭蓋底に接した前頭葉や側頭葉の下面などに生じやすい。

脳挫傷は拡大、融合して、外傷性の大きな血腫(外傷性脳内血腫)を形成することもある。受傷後、急性期を過ぎて発症するものは、遅発性外傷性脳内血腫と呼ばれている。症状発現までの時間は一般的に48時間以内が多いと言われているが、それ以上長いという報告もある¹³⁾。

外傷性の脳内血腫は、内因性に生じた病的な脳内血腫との鑑別が必要とされることがある。例えばSAHの場合と同様に、交通事故を起こした運転手に脳内血腫が見られた場合、その血腫が内因性に生じたために事故を起こしたのか、事故の際の頭部打撲によって生じたのが問題になるような場合である。

外傷性の血腫が脳の大脳皮質・皮質下に形成された場合はアミロイド血管症を原因とする脳葉出血との鑑別が、深部基底核に形成された場合は高血圧性の脳内出血との鑑別が問題となる。アミロイド血管症は高齢者の脳出血の原因として有意な割合を占める疾患で、頭頂葉・後頭葉に好発し、髄膜や皮質の血管にアミロイドという不溶性タンパクの沈着が見られる病態である。高血圧性の脳内出血は基底核に好発し、慢性の高血圧症患者の突然死の原因としてよく見られる。外傷性と内因性の脳内血腫の鑑別は、外力の作用部位、それぞれの血腫の好発部位、病理組織所見(脳血管のアミロイド沈着や高血圧性変化)などを考慮した上で慎重に判断しなくてはならない。

2-7 びまん性軸索損傷 Diffuse Axonal Injury (DAI)

びまん性軸索損傷 (DAI) とは、脳全体に強い外力や回転加速衝撃 (脳実質が頭蓋内で強く揺さぶられる状態) が加わった際に、脳内に剪断力 (shearing forces: ズレの力) が働き、大脳表面と大脳深部および脳幹部を結ぶ神経軸索が広い範囲で切断、損傷される病態である。『脳の複雑な神経ネットワークが広範に断線した状態』と言い換えることもできる。臨床的には受傷直後から高度の意識障害があるにもかかわらず、頭部CTでは血腫などの明らかな異常所見を認めないことも多い。DAIは、高速で走行していた車両による交通事故や高所からの墜落によって生じる、いわゆる“高エネルギー外傷”として認められることが多い。

解剖では、剪断力がかかりやすい脳の部位 (傍矢状洞上部の白質、脳梁、内包、外包など) に肉眼的に出血が認められればDAIの存在が疑われる。確定診断は病理組織検査によって行う必要があるが、受傷後少なくとも数時間の生存期間がなければ組織学的な変化は現れない。

2-8 脳浮腫 Cerebral Edema・

脳ヘルニア Cerebral Herniation

脳浮腫とは、水分の増加による脳の容積・重量増加のことであり、いわゆる“脳が腫れた”状態である。前述の病態を含むほとんどの頭部外傷に続発して二次的に生じる。

脳浮腫や頭蓋内出血などによって頭蓋内圧が亢進すると、軟らかい脳は硬い頭蓋骨の中で行き場がなくなり、変形を伴って隙間へ移動しようとするが、その状態を脳ヘルニアという。移動した場所によっては、生存のために重要な呼吸中枢を有する脳幹を圧迫して重篤な状態を引き起こすことも多いため、重症頭部外傷の重要な治療目標は、手術による血腫除去や薬物使用によって脳圧を下げて致死的な脳ヘルニアを回避することである。

3. 頸部外傷 (頸髄損傷)

追突事故などで生じる損傷として一般的にもよく知られている“むちうち損傷 whiplash injury”は、衝突時の頸部の過屈曲、過伸展の結果生じる、頸椎やその周囲の靭帯、筋肉、椎間板などの損傷のことである。自覚的愁訴の多彩さに対して他覚的所見に乏しいため、詐病の疑いが生じたりすることもあり、加療期間や保険金の支払いなどに関して賠償医学的

な問題が発生することもしばしばある。

頸部脊髄、つまり頸髄の損傷は、頸部への直接打撲によっても生じるが、交通事故においては、自動車の運転手や助手席乗員が前方に加速して頭部・顔面を打撲した際の頸部過伸展などによっても生じる。頸髄損傷は、その損傷部位によっては呼吸筋である横隔膜麻痺からの呼吸障害や四肢麻痺を引き起こしたりするため、頭部外傷同様、頸髄損傷の有無は生存後のQOLに大きな影響を与える。

4. 体幹外傷

車両が正面衝突した場合、運転手、同乗者は前方に向かって加速し (linear acceleration)、ハンドルやダッシュボードによって胸腹部を打撲して停止 (impact deceleration) する。この体幹の動きは、直接打撲と加速・減速運動の組み合わせによる体幹外傷を引き起こす。胸腹部や背面の皮膚には損傷が乏しいように見える場合でも、胸腹腔内には重篤な臓器損傷があり出血が進行している場合も多い。近年のシートベルト着用の罰則付き義務化とエアバッグの標準装備は運転手の死亡を46%まで減少させたと報告されているが¹⁴⁾、シートベルトとエアバッグの組み合わせでもハンドル損傷を完全に防ぐことはできない¹⁵⁾。

ハンドルによる体幹の損傷には、肋骨・胸骨骨折による肺挫傷、血胸、気胸などがあるが、胸郭が前後方向に強く挫圧された際には胸骨と胸椎との間に挟まれて心臓の損傷を生じることもあり、心臓破裂から心臓内の血液が心嚢内に貯留して、致死的な心タンポナーデ (心臓を包む心嚢という袋の中に血液等の液体が貯留して心臓の拍動を阻害した状態) を発症する例も多い。また、下行大動脈は脊柱前面に固定されて可動性を持たないのに対して、大動脈弓は可動性を有しているため、体幹の加速・減速運動によって両者の境界部の完全・不完全離断が生じることもある。この場合、急速に多量な出血が生じて短時間で死に至ることが多い。ハンドル損傷の存在は、その被害者が事故時に運転手であったことを支持する所見である。なお、事故後のハンドルの変形は、運転手と助手席乗員の重症胸部損傷の独立した予測因子 (independent predictor) であると報告されている¹⁶⁾。

交通事故による体幹外傷として、腹部臓器損傷や骨盤骨折もしばしば見られる。後者は特に高エネルギー外傷で見られることが多いが、通常、骨盤骨折

では1,500～2,000mLの多量出血が生じると考えられており、出血性ショックから死に至ることも多い。

体幹のみならず全身の外傷検査に関して言えることであるが、解剖時には、加害車両の同定に役立つタイヤマークやパターン損傷（車両表面の凹凸を持つ構造物が表皮剥脱や皮下出血として皮膚に印象されたもの）を見逃さないようにしなければならない。

ひき逃げ事件において、車両に衣服や身体の一部が引っ掛かり、そのまま長距離にわたって引き摺られるということがしばしば起きているが、そのような事例では引き摺られた際に地面に接していた体幹などの部分には摩擦熱が生じるため、真皮・皮下組織の熱変性を伴う特徴的な表皮剥脱（引き摺り損傷）が見られる。

【外傷性窒息 Traumatic Asphyxia】

外傷性窒息とは、重量のある物体によって胸部もしくは上腹部が強く圧迫されることによって呼吸運動が阻害されて窒息する病態である。“外傷”という言葉が入っているが、死に至る機序は窒息である。機械的窒息（mechanical asphyxia）とも呼ばれ、阪神淡路大震災の際に倒壊した建物の下敷きになった犠牲者の死因としても注目された診断名である。交通事故においては、例えば横転事故後に車両の下敷きになった場合に見られることがある。解剖所見として、顔面、頸部、体幹上部などの強いうっ血や眼瞼・眼球結膜の溢血点などの窒息の所見が見られるが、臓器損傷など死に至るような損傷を欠くことが特徴である（圧迫部の表皮剥脱、皮下出血や肋骨骨折が見られることはある）。

5. 四肢外傷

立位の状態の歩行者が、走行中の乗用車前面によって衝突された場合、下肢にはバンパーによる損傷（バンパー創）が生じる。一般的に成人の歩行者では膝から下腿にかけて、小児では大腿に表皮剥脱、皮下出血、筋肉内出血、挫創、長管骨骨折として認められるが、車両のバンパーの高さや個人の身長によって受傷部位は異なってくる。加害車両のバンパーの高さを推定するために役立つ損傷であり、解剖時には足底から創までの高さ（および被害者の靴の靴底の高さ）を測定しなければならない。その他、ボンネット上に跳ね上げられた際のボンネット先端部による下肢打撲傷や路面による上下肢（特に肘頭部や膝蓋部などの突出部）の表皮剥脱（擦過傷）も見られる。車両により轢過された際には、タイヤに

よる強い圧迫、回転力、摩擦力によって重篤な四肢外傷が生じるが、その際に生じる皮膚と皮下組織あるいは筋膜との間が引き剥がされてできたポケット状間隙はデコルマンと呼ばれる。

車両乗員の場合、正面衝突時にダッシュボードによる下腿前面や膝蓋部の表皮剥脱、皮下出血などの打撲傷が見られることがある。外力作用が強い場合、大腿骨や骨盤の寛骨臼（大腿骨骨頭が収まる部分）の介達性骨折が見られることもある。

四肢の長管骨骨折時の予測される出血量は、上腕骨で300～500mL、大腿骨で1,000～2,000mL、下腿骨で500～1,000mLであり、循環動態の不安定化に大きく寄与する。

6. エアバッグ損傷 Airbag Injury

1990年代後半までにはほとんどの乗用車で標準的に装備されるようになったエアバッグは、車両衝突時の自動車乗員の致死率を著しく下げることには貢献したが、同時にエアバッグ自体もしくはエアバッグモジュールのカバーによる損傷や死亡例も多数報告されている。エアバッグは、シートベルトを着用した状態での正面衝突時の保護を前提としており、シートベルトを着用しない状態ではエアバッグの展開によって重篤な損傷を生じる可能性が高い。例えば比較的低速で走行中の衝突事故で重篤な胸部外傷が見られたような場合は、エアバッグが原因であることを疑うことができる。また、エアバッグに対して不適切な角度の姿勢で座っていた場合にもエアバッグによる損傷を受けやすい。運転手が小柄である場合は、アクセル・ブレーキペダルに届くようにとハンドルに近づいて座るため、エアバッグによる損傷を受けやすく、小柄な女性や子供での死亡例も報告されている¹⁷⁾。主なエアバッグ損傷をTable 2に示す¹⁷⁻¹⁹⁾。

『その他』に挙げた損傷のうち、エアバッグ展開

Table 2 エアバッグ損傷

部 位	損 傷
頭部・頸部	顔面損傷、顎関節損傷、眼部損傷（眼窩骨折、網膜剥離、水晶体破裂）、頭蓋底骨折、脳挫傷、頸椎脱臼・骨折
体 幹	肋骨骨折、気胸、大動脈離断、心臓弁損傷、心臓破裂、腹部臓器損傷
上 肢	脱臼・骨折、手指の完全・不完全離断
下 肢	エアバッグによる重大な損傷の報告はない
その他	熱傷、音響性外傷、妊娠時の前期破水

による熱傷の発生率は1.53%であると報告されている²⁰⁾。エアバッグ関連熱傷は温度熱傷 (thermal burn)、化学熱傷 (chemical burn)、擦過熱傷 (friction burn) の3つのタイプに分けられる^{21, 22)}。温度熱傷は、膨らんでいたエアバッグがしばむ際に、エアバッグ背面にある排気口から高温ガスが排出される際に生じることが多いが、高温ガスで膨張したエアバッグそのものと長く接触した場合にも生じる。化学熱傷は、高温ガス発生に必要な化学物質が放出された際に生じ、擦過熱傷はエアバッグとの接触により生じる。胸部に局限した熱傷は、その部位へ外力が集中していることを示しており、医療関係者は重症胸部損傷の存在を疑うべきであるとする事例報告もある²³⁾。

一方、エアバッグ展開時の音響性外傷の報告はきわめて少ない。Buckleyらはエアバッグ展開時の高ノイズレベルによって聴力低下や持続的耳鳴りが引き起こされたと思われる、低速走行中の衝突事故2例を報告している²⁴⁾。いずれの被害者にも音響性外傷以外の損傷は認められず、エアバッグ展開時のわずか0.1秒の間に生じる150～170デシベルの音圧レベルによって蝸牛障害などの音響性外傷が生じたのだとしている (ちなみに近くで聞く飛行機のジェットエンジン音は約120デシベル)。Buckleyらはエアバッグ展開に関係した聴力低下の報告例の少なさに疑問を呈しており、その“過小報告”の理由の一つとして、交通事故に関連した別の因子が、聴力低下の原因であると判断されてしまっている可能性を挙げている。

近年では側面衝突で展開するサイドエアバッグなど新しいタイプのエアバッグも開発されて装備が進んでおり、衝突事故による損傷や死亡例を減少させることが期待されるが、新たな損傷を生じる可能性もある。

7. おわりに

交通外傷は多彩で複雑な損傷像を呈するが、特に頭部外傷は、受傷後から一定期間経過した後に症状が発現してくる病態も多く、受傷直後の意識状態が軽度であるにもかかわらず重篤な転帰をとることがある。交通事故と損傷や死亡との因果関係を客観的に正しく判断していくために、法医学者のみならず、事故の調査を行う警察や、事故に関連した裁判を担当する可能性がある司法関係者も、交通外傷について一通りの知識は有しておくべきであると思われる。

参考文献

- 1) Peden M., Scurfield R., Sleet D., et al. : World report on road traffic injury prevention, World Health Organization 2004 (▶http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/en/)
- 2) 塩見直人、日野明彦、山木垂水「受傷後急性期に重症化した頭部外傷の検討：頭部外傷データベース【プロジェクト2009】からの報告」『神経外傷』Vol.36, No.1, pp.67-75、2013年
- 3) Spitz W. (ed.) : *Medicolegal Investigation of Death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation*, 4th ed., Charles C. Thomas, 2006
- 4) Wind J. J., Leiphart J. K. : Bilateral subacute subdural hematomas, *N England J Med*, Vol.360, No.17, p.e23, 2009
- 5) Bordes J., Goutorbe P., Lacroix G., et al. : A case of massive delayed acute subdural hematoma, *J Emerg Med*, Vol.42, No.4, pp.459-461, 2012
- 6) Matsuda W., Sugimoto K., Sato N., et al. : Delayed onset of posttraumatic acute subdural hematoma after mild head injury with normal computed tomography: a case report and brief review, *J Trauma*, Vol.65, No.2, pp.461-463, 2008
- 7) Kim J., Kemp S., Kullas K., et al. : Injury patterns in patients who “talk and die”, *J Clin Neurosci*, Vol.20, No.12, pp.1697-1701, 2013
- 8) Kibayashi K., Ng'walali P. M., Hamada K., et al. : Discrepancy of clinical symptoms and prognosis of a patient – forensic significance of “talk and die” head injury, *Leg Med (Tokyo)*, Vol.2, No.3, pp.175-180, 2000
- 9) Matsuyama T., Shimomura T., Okumura Y., et al. : Acute subdural hematomas due to rupture of cortical arteries: a study of the points of rupture in 19 cases, *Surg Neurol*, Vol.47, No.5, pp.423-427, 1997
- 10) Chhiber S. S., Singh J. P. : Acute spontaneous subdural hematoma of arterial origin: a report of four cases and review of literature, *Neurol India*, Vol.58, No.4, pp.654-658, 2010
- 11) 唐澤秀治、内藤博道、杉田健、他「外傷性亜急

- 性硬膜下血腫－亜急性期症状発現の機序－」『脳神経外科ジャーナル』 Vol.4, No.2, pp.121-127, 1995年
- 12) Takeuchi S., Takasato Y., Miyawaki H., et al. : Subacute subdural hematoma, *Acta Neurochir Suppl*, No.118, pp.143-146, 2013
- 13) Whitwell H. L.: *Forensic Neuropathology*, 1st ed., Hodder Arnold, London, 2005
- 14) Viano D. : Effectiveness of Safety Belts and Airbags in Preventing Fatal Injury, SAE Technical Paper 910901, doi: 10.4271/910901, 1991
- 15) Chen R., Gabler H. C. : Risk of thoracic injury from direct steering wheel impact in frontal crashes, *J Trauma Acute Care Surg*, Vol.76, No.6, pp.1441-1446, 2014
- 16) Newgard C. D., Lewis R. J., Kraus J. F. : Steering wheel deformity and serious thoracic or abdominal injury among drivers and passengers involved in motor vehicle crashes, *Ann Emerg Med*, Vol.45, No.1, pp.43-45, 2005
- 17) DiMaio V. J., DiMaio D. : *Forensic Pathology*, 2nd ed, CRC Press, 2001
- 18) Saukko P., Knight B. : *Knight's Forensic Pathology*, 3rd ed, Arnold, 2004
- 19) Wallis L. A., Greaves I. : Injuries associated with airbag deployment, *Emerg Med J*, Vol.19, No.6, pp.490-493, 2002
- 20) Jernigan M. V., Rath A. L., Duma S. M. : Analysis of burn injuries in frontal automobile crashes, *J Burn Care Rehabil*, Vol.25, No.4, pp.357-362, 2004
- 21) De Salvia A., Sergolini L., Pescarolo D. : An atypical air bag injury?, *J Forens Odontostomatol*, Vol.25, No.2, pp.57-60, 2007
- 22) Shinha V. K., MacGill K. A. : Air bag-associated burn, *Emerg Med Australas*, Vol.19, No.5, pp.479-481, 2007
- 23) Monkhouse S. J., Kelly M. D. : Airbag-related chest wall burn as a marker of underlying injury: a case report, *J Med Case Rep*, Vol.2, No.91, doi:10.1186/1752-1947-2-91, 2008
- 24) Buckley G., Setchfield N., Frampton R. : Two case reports of possible noise trauma after inflation of air bags in low speed car crashes, *BMJ*, Vol.318, No.7182, pp.499-500, 1999