

Deana est ma fille. Elle avait 17 ans quand sa vie a été écourtée. Deana était avec quatre amis et ils se rendaient à une fête d'anniversaire. Ils venaient de sortir d'un taxi et tentaient de traverser la Corniche du Nil à Maadi. Il y avait beaucoup d'embouteillages et la circulation était très chaotique. Il n'y avait ni feux de circulation, ni passages pour piétons, juste un flux constant de voitures, de camions et d'autobus. Vous devez vous frayer un passage à travers plusieurs voies de circulation pour arriver de l'autre côté. Deana a été percutée et tuée par un autobus qui roulait trop vite alors qu'elle essayait de traverser la route. Le chauffeur de l'autobus n'a même pas ralenti.

À l'époque, j'étais à Damas, en voyage d'affaires. Mon beau-frère m'a appelé et m'a annoncé l'horrible nouvelle, ma chère petite fille s'était fait renverser. Vous pouvez imaginer mon sentiment de culpabilité. Si j'avais été au Caire, j'aurais pu aller la reconduire moi-même à la fête d'anniversaire.

Deana aimait beaucoup de choses, elle aimait la vie et avait un sourire contagieux. Elle consacrait toujours plus de temps aux autres qu'à elle-même. Elle voulait être un dentiste pédiatrique car elle adorait les enfants. Elle avait un amour particulier pour les anges. Elle a toujours eu des images ou des figurines d'anges dans sa chambre. Pour nous, elle est devenue « l'Ange du Nil ».

Tout le monde a été profondément touché par la mort de Deana : sa famille, ses amis, la communauté tout entière. Je pense aux ondes de douleur formées par le cercle grandissant des gens émus par cette perte. Mon épouse, mon fils et moi avons dû quitter le Caire après la mort de Deana parce que la douleur était trop forte et trop de choses nous y rappelaient celle qui nous avait quittés. Nous sommes revenus au Caire il y a quelques mois à peine.

Une organisation non gouvernementale, la « Société pour la sécurité routière » a été fondée à la suite de la mort de notre fille. Elle a pour objectif de rendre toutes les routes d'Égypte plus sûres pour les usagers. Notre premier projet est la construction d'un tunnel piétonnier sous la Corniche El Nil de Maadi. Les permis gouvernementaux ont été obtenus et l'appel d'offres pour la construction a été

publié. Notre prochaine étape consiste à recueillir suffisamment de fonds, grâce aux dons qui contribueront à la réussite de ce projet destiné à sauver des vies. Cette route de la mort longe un Nil qui est l'image même de la sérénité. De nombreux Égyptiens et étrangers intéressés et dévoués se sont réunis dans le but de faire du projet de tunnel une réalité. De plus, une bourse d'études a été créée à son école au nom de Deana et chaque année, un étudiant en fin d'études qui sourit et éclaire les autres se voit attribuer cette aide financière.

Grâce à la construction du tunnel piétonnier, nous espérons que beaucoup de vies seront sauvées. Dans mes rêves, je vois ma Deana, mon Ange du Nil, qui nous regarde d'en haut avec un sourire d'approbation.



Chapitre 2

Traumatismes dus aux accidents de la circulation

Introduction

Dans bien des endroits, le réseau routier a été construit sans égard aux enfants. Ces derniers l'utilisent cependant en tant que piétons, cyclistes, motocyclistes ou passagers de véhicules. Ils peuvent habiter à proximité d'une voie publique, jouer ou même travailler dans la rue. Toutes ces interactions avec le réseau routier ainsi qu'une série d'autres facteurs de risque associés à l'enfance rendent les enfants plus vulnérables aux traumatismes dus aux accidents de la circulation.

Le présent chapitre étudie l'ampleur et les caractéristiques de ces traumatismes pour divers types d'usagers de la route âgés de 0 à 17 ans, de même que leurs facteurs de risque. Il passe en revue les interventions éprouvées et prometteuses pour les divers types d'usagers de la route et examine leur efficacité et leur rapport coût-efficacité. En conclusion, il formule quelques recommandations pour réduire le nombre croissant de traumatismes dus aux accidents de la circulation.

Aux fins du présent rapport, on entend par accident de la circulation « une collision ou autre incident, entraînant ou non des traumatismes, qui survient sur une voie publique et met en cause au moins un véhicule en mouvement », et par traumatisme dû à un accident de la circulation « un traumatisme, mortels ou non, résultant d'un accident de la circulation » (1). Il existe d'autres définitions, mais on considère qu'un décès survenant dans les 30 jours suivant un accident de la circulation est dû à cet accident (2).

Le présent chapitre porte sur les enfants âgés de 0 à 17 ans. Il n'est toutefois pas toujours possible d'avoir accès à des données complètes pour l'ensemble de cette tranche d'âge. Les renseignements concernant notamment les enfants âgés de 15 à 17 ans sont souvent limités. En outre, les décès et traumatismes dus à des accidents de la circulation sont sous-notifiés, particulièrement dans les pays à bas ou moyen revenu, et ces lacunes doivent être prises en considération lors de l'interprétation des données.

La route est un lieu dangereux pour les enfants et les jeunes, mais les traumatismes dus aux accidents de la circulation n'ont pas à être le prix qu'enfants et familles doivent payer pour l'accroissement de la mobilité et de l'indépendance des enfants à mesure qu'ils grandissent. Des mesures éprouvées et efficaces peuvent être prises pour réduire au minimum les risques qu'ils courent.

Épidémiologie des traumatismes dus aux accidents de la circulation

Selon le projet de l'OMS sur la charge mondiale de morbidité, en 2004, près de 1,3 million de personnes de tous âges ont

trouvé la mort, dans l'ensemble du monde, dans des accidents de la circulation et jusqu'à 50 millions ont été blessées ou handicapées (1). Globalement, les régions OMS de l'Asie du Sud-Est et du Pacifique occidental subissent les deux tiers de tous les décès dus à des accidents de la circulation routière. Cependant, les taux les plus élevés de décès dus à des accidents de la route ont été enregistrés dans les régions de l'Afrique et de la Méditerranée orientale. À l'échelle mondiale, 21 % des décès associés à la circulation routière concernent des enfants.

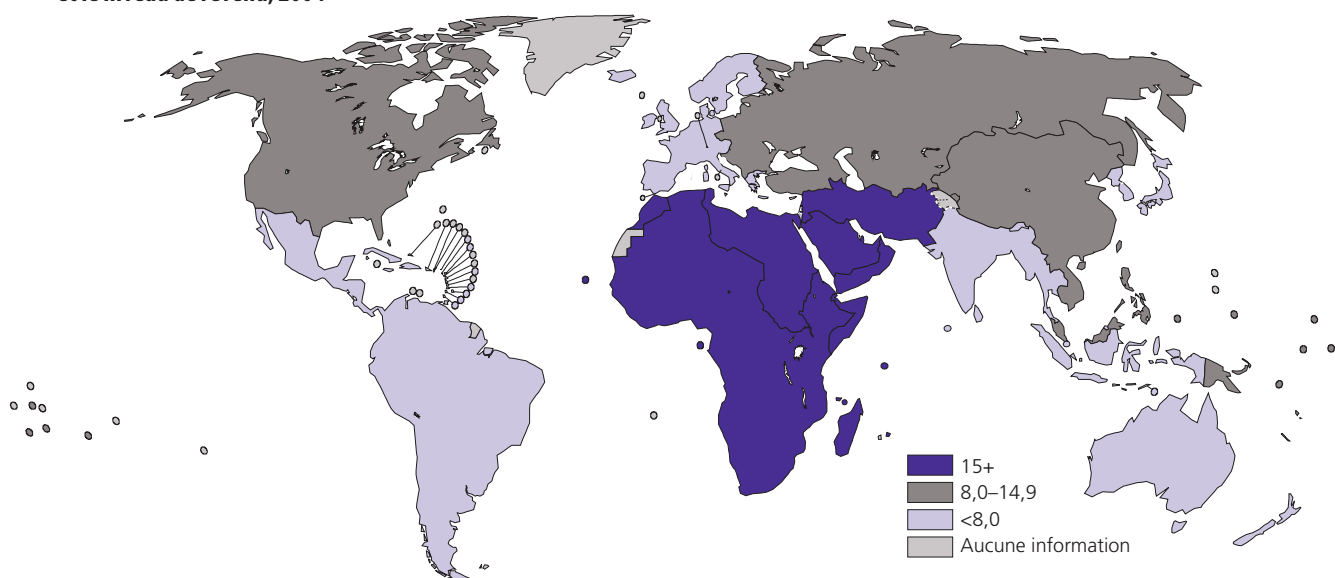
Dans plusieurs pays développés, les chiffres des décès et traumatismes liés à des accidents de la circulation ont eu tendance à baisser au cours des deux dernières décennies, mais à l'échelle mondiale, les perspectives sont peu encourageantes. On prévoit en effet que d'ici à 2030, les traumatismes dus à des accidents de la circulation seront, dans le monde, la cinquième cause de décès (3) et la troisième cause de perte d'années de vie corrigées de l'incapacité (4). Selon les prévisions, les plus fortes augmentations des traumatismes dus à des accidents de la circulation seront enregistrées dans les régions de l'Asie du Sud-Est, de l'Afrique et du Pacifique occidental. Particulièrement préoccupantes sont les prévisions selon lesquelles, d'ici 2020, le nombre de décès dus à des accidents de la circulation en Inde et en Chine – pays comptant chacun plus d'un sixième de la population mondiale – devrait progresser respectivement de 147 % et de 97 % (5).

Mortalité

En 2004, les traumatismes dus aux accidents de la circulation ont provoqué environ 262 000 décès chez les 0-19 ans – soit près de 30% de tous les décès par traumatisme chez l'enfant (voir le tableau A.1 de l'annexe statistique). Ces traumatismes sont la principale cause de décès chez les 10 - 19 ans (voir tableau 1.1). À l'échelle mondiale, ces décès sur les routes représentent près de 2 % de tous les décès d'enfant. D'importantes variations géographiques sont toutefois observées. Dans la région de l'Asie du Sud-Est, le pourcentage des décès d'enfants résultant de traumatismes dus à des accidents de la circulation ne dépasse pas 1,3 %, mais il atteint 4,7 % dans les Amériques. Environ 93 % des décès d'enfants victimes d'accidents de la route se sont produits dans des pays à bas ou moyen revenu (voir le tableau A.1 de l'annexe statistique). En 2004, les régions de l'Asie du Sud-Est et de l'Afrique ainsi que les pays à bas ou moyen revenu de la région du Pacifique occidental ont subi les deux tiers de tous les décès dus à des accidents de la circulation chez l'enfant.

FIGURE 2.1

Taux de mortalité attribuables à des traumatismes dus aux accidents de la circulation pour 100 000 enfants^a, selon la région de l'OMS et le niveau de revenu, 2004



| Afrique | | Amériques | | Asie du Sud-Est | Europe | | Méditerranée orientale | | Pacifique occidental | |
|---------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Revenu faible/moyen | Revenu élevé | Revenu faible/moyen | Revenu élevé | Revenu faible/moyen | Revenu élevé | Revenu faible/moyen | Revenu élevé | Revenu faible/moyen | Revenu élevé | Revenu faible/moyen |
| 19,9 | 8,7 | 7,7 | | 7,4 | 5,2 | 8,3 | 18,3 | 17,4 | 4,2 | 8,6 |

^a Ces données se rapportent aux personnes de moins de 20 ans
Source : OMS (2008), Charge mondiale de morbidité : version 2004.

Les données dont on dispose indiquent qu'à l'échelle mondiale, le taux de mortalité infantile lié à des accidents de la circulation est de 10,7 pour 100 000 habitants (voir la figure 2.1). Toutefois, dans la région de l'Asie du Sud-Est, ce taux est de 7,4 pour 100 000 habitants, tandis que dans la région africaine, il est de 19,9 pour 100 000 habitants. Ce taux de mortalité n'est pas aussi élevé en Europe, mais les traumatismes dus aux accidents de la circulation y sont néanmoins responsables d'environ un cinquième de tous les décès d'enfants par *traumatisme* dans l'ensemble de l'Union européenne (6).

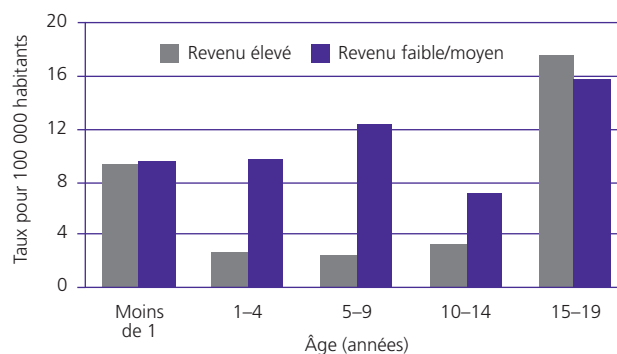
Outre les différences régionales, on observe des variations suivant le type d'utilisateur de la route. Dans les 70 pays qui communiquent à l'OMS des données suffisamment détaillées sur la mortalité – principalement des pays à moyen ou haut revenu – environ 33 % de tous les enfants décédés sont des piétons, tandis que 65 % sont des passagers d'automobile ou des cyclistes ou motocyclistes (7).

Âge

À l'échelle mondiale, les traumatismes dus aux accidents de la circulation sont la principale cause de décès chez les 15 - 19 ans et la deuxième cause de décès chez les 5-14 ans (voir le tableau 1.1). Le taux mondial de mortalité du fait d'accidents de la route augmente avec l'âge (voir la figure 2.2), ce qui reflète une évolution de l'usage de la voie publique en fonction de l'âge. Jusqu'à l'âge de neuf ans, les enfants sont le plus souvent accompagnés de leurs parents lorsqu'ils se déplacent, soit comme passagers d'un véhicule

FIGURE 2.2

Taux de traumatismes mortels dus à un accident de la circulation pour 100 000 enfants, par âge et niveau de revenu du pays, Monde, 2004



^a Ces données concernent les moins de 20 ans.

Source : OMS (2008), Charge mondiale de morbidité : version actualisée 2004.

soit comme piétons, tandis que les enfants plus âgés se déplacent en général de façon plus autonome, d'abord à pied, puis à bicyclette ou à motocyclette et enfin, au volant d'une automobile. L'élévation des taux de traumatismes chez les dix ans et plus découle de cette mobilité accrue et d'une tendance croissante à adopter des comportements à risque.

Pour tous les groupes d'âge, à l'exception des 15-19 ans, les taux de mortalité dus à des accidents de la circulation sont plus élevés dans les pays à bas ou moyen revenu que dans les pays à haut revenu.

Selon des enquêtes réalisées dans cinq pays d'Asie, les traumatismes dus aux accidents de la circulation y sont

la deuxième cause de mortalité infantile (voir le tableau B.1 de l'annexe statistique). Au Bangladesh par exemple, les traumatismes dus aux accidents de la circulation sont la deuxième cause la plus fréquente de décès par traumatisme chez les 1–9 ans et la première chez les 10–14 ans ; par ailleurs, ils sont à l'origine de 38 % de tous les décès d'enfants. Chez les 15–17 ans, les traumatismes dus aux accidents de la circulation sont responsables de 14 % de tous les décès par traumatisme (8). En Thaïlande, c'est 40 % des décès par traumatisme qui leur sont imputables chez les 10–14 ans (9).

Sexe

Dès un âge précoce, les garçons ont plus de chances d'être victimes d'un accident de la circulation que les filles. L'écart de taux d'incidence entre garçons et filles augmente avec l'âge jusqu'à 18 ou 19 ans ; il est alors comparable à celui observé chez les adultes (voir le tableau 2.1). Globalement, le taux de mortalité des garçons est de 13,8 pour 100 000 habitants, et celui des filles de 7,5 pour 100 000 habitants. Dans les pays à haut revenu de la région de la Méditerranée orientale, l'écart entre les sexes est supérieur chez les jeunes enfants, tandis

TABLEAU 2.1

Taux de traumatismes mortels du fait d'accidents de la circulation pour 100 000 enfants par âge et par sexe, Monde, 2004.

| | Groupes d'âge (en années) | | | | | Moins de 20 ans |
|---------|---------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----------------|
| | Moins d'un an | 1 à 4 ans | 5 à 9 ans | 10 à 14 ans | 15 à 19 ans | |
| Garçons | 11,5 | 9,7 | 13,3 | 8,7 | 23,4 | 13,8 |
| Filles | 7,4 | 8,3 | 9,3 | 4,5 | 7,9 | 7,5 |

Source: OMS (2008), *Charge mondiale de morbidité : mise à jour de 2004*.

que dans les régions de l'Europe, du Pacifique occidental et des Amériques, il est plus marqué chez les enfants plus âgés (voir le tableau A.1 de l'annexe statistique).

Morbidité

Le nombre d'enfants blessés ou handicapés chaque année en raison d'un accident de la circulation ne peut être établi avec précision mais on l'estime à environ 10 millions. Ce chiffre est fondé sur les données communiquées par les établissements de santé qui portent à croire que les enfants représentent entre un cinquième et un quart des victimes d'un accident de la circulation hospitalisées (10–12). Cependant, des enquêtes communautaires menées en Asie semblent indiquer qu'il pourrait être beaucoup plus élevé. Ces enquêtes ont en effet constaté que pour chaque enfant décédé du fait d'un accident de la circulation, 254 autres ont été hospitalisés avec des lésions dont quatre avec un handicap permanent (13).

Chez les enfants de moins de 15 ans, les traumatismes dus aux accidents de la circulation sont la onzième cause de décès et la dixième cause de morbidité (voir le tableau A.2 de l'annexe statistique). À l'échelle mondiale, les traumatismes dus aux accidents de la circulation dans ce

groupe d'âge sont responsables de la perte de 9 482 années de vie corrigées de l'incapacité – soit 1,7 % du total des pertes d'années de vie corrigées de l'incapacité.

En règle générale, on constate une pénurie de données sur la morbidité, notamment dans les pays à bas ou moyen revenu. Ceci est dû en partie au fait que tous les enfants victimes d'un accident de la circulation ne sont pas hospitalisés, et en partie à la piètre qualité des systèmes de collecte des données.

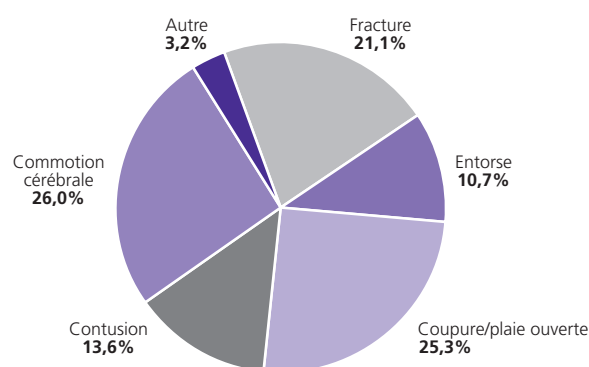
Nature et gravité des traumatismes dus aux accidents de la circulation

Les enfants victimes d'accidents de la circulation sont le plus souvent blessés à la tête ou aux membres. La gravité de ces traumatismes varie selon l'âge de l'enfant, le type d'usager de la route et l'utilisation ou non de dispositifs de protection. L'OMS a récemment mené, dans 26 pays, une enquête auprès d'écoliers âgés de 13 à 15 ans. Parmi les enfants ayant fait savoir qu'ils avaient subi, au cours des 12 mois précédents, un traumatisme associé à un véhicule à moteur, 10% avaient eu un léger traumatisme crânien et 37% s'étaient fracturé un membre.

Ces résultats d'enquête sont corroborés par une étude en milieu hospitalier portant sur des enfants de moins de douze ans dans quatre pays à bas revenu. Cette étude indique que plus d'un quart des enfants victimes d'un traumatisme dû à un accident de la circulation ont subi une commotion ou un autre traumatisme crânien ; viennent

FIGURE 2.3

Traumatismes subis par des enfants^a amenés aux urgences après un accident de la circulation dans quatre pays^b en 2007



^a Enfants âgés de moins de 12 ans.

^b Les quatre pays en question sont le Bangladesh, la Colombie, l'Égypte et le Pakistan.

Source : tableau C.1 de l'annexe statistique.

ensuite diverses coupures, ecchymoses, plaies ouvertes, fractures ou entorses (voir le tableau C.1 de l'annexe statistique et la figure 2.3).

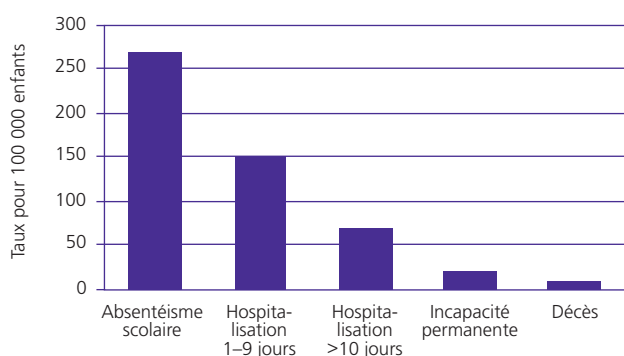
Si elles ne sont pas aussi fréquentes que les blessures de la tête ou des membres, les lésions thoraciques et abdominales peuvent néanmoins être très graves compte tenu des organes touchés et de la difficulté à les soigner. Des traumatismes multiples ont été également déclarés chez environ 10 % à 20 % des enfants victimes d'un accident de la circulation (14).

Conséquences des traumatismes dus aux accidents de la circulation

Les traumatismes dus aux accidents de la circulation sont l'une des principales causes de handicap chez l'enfant. Des enquêtes récemment menées en Asie révèlent qu'ils figurent parmi les cinq causes majeures. La proportion exacte d'enfants handicapés du fait d'un traumatisme dû à un accident de la circulation varie selon le groupe d'âge et d'un pays à l'autre (15). Ces enquêtes fixent à 20 pour 100 000 enfants le taux de handicap permanent chez les 1-17 ans ayant subi un traumatisme dû à un accident de la circulation. En outre, un grand nombre d'enfants ont dû être hospitalisés ou s'absenter de l'école à la suite des traumatismes subis (voir la figure 2.4).

FIGURE 2.4

Gravité des traumatismes dus aux accidents de la circulation pour 100 000 habitants chez les enfants âgés de 0 à 17 ans, dans cinq pays d'Asie



^a Bangladesh, Chine (Beijing, province du Jiangxi), Philippines, Thaïlande, Viet Nam.

Source : référence 15.

Des études portant à la fois sur des adultes et des enfants montrent que de nombreuses personnes conservent une invalidité fonctionnelle 6 à 12 mois après un accident de la circulation. De toute évidence, le type de traumatisme subi a une incidence sur la période nécessaire pour un complet rétablissement. Des recherches menées par exemple à Bangalore, en Inde, montrent que 14 % des enfants victimes d'un traumatisme crânien du fait d'un accident de la circulation ont encore besoin d'une aide pour leurs activités de la vie quotidienne six mois après l'accident (16).

Les répercussions d'un traumatisme routier dépendent également du type d'usager de la route. Une étude a révélé que, six mois après un accident, 72 % des piétons et 64 % des cyclistes heurtés par une automobile, et 59 % des enfants passagers à bord d'un véhicule, ont encore besoin d'une aide (17). Au Canada, 22 % des cyclistes blessés lors d'un incident n'impliquant pas un véhicule à moteur avaient besoin d'une aide ultérieure (18).

Les handicaps et déficiences entravent la progression des enfants dans leur jeune âge car ils les empêchent de recevoir une éducation et de s'épanouir socialement. Les enfants atteints de handicaps à la suite d'un accident de la circulation ont fréquemment besoin de soins à long terme et leur qualité de vie en pâtit souvent. La charge excessive qui pèse alors sur les familles devant soigner un enfant blessé peut obliger des adultes à quitter leur emploi, les acculant à la misère.

Impact psychosocial

Un certain nombre de troubles mentaux ont été observés chez des enfants à la suite d'un accident de la circulation, notamment des phobies, un syndrome de stress post-traumatique et de l'anxiété, ainsi que des problèmes de comportement. Ces troubles psychosociaux peuvent être exacerbés par un appauvrissement familial à la suite d'un accident de la circulation, surtout si un parent ou un aidant a été impliqué dans l'accident et a été gravement blessé ou est décédé. Dans ce cas, l'enfant blessé peut éprouver une profonde détresse (19) et avoir le sentiment d'être seul avec sa souffrance (20).

Plusieurs études ont signalé des états de détresse aiguë chez des enfants au moment où ils ont subi un traumatisme dû à un accident de la circulation et immédiatement après (17, 21, 22). Selon l'une d'elles, dans les cinq jours suivant un événement traumatisant comme un accident de la circulation, 98 % des enfants impliqués souffrent d'un syndrome de stress

ENCADRÉ 2.1

Enfants rendus orphelins par des décès dus à des accidents de la circulation

Une enquête du Bangladesh sur les traumatismes et la santé a été menée en 2003 auprès de 171 366 ménages. On a utilisé à cet effet un module d'autopsie verbale basé sur les normes OMS d'autopsie verbale (24) et comprenant des questions sur chaque type de traumatisme. Les données ont été analysées pour déterminer les causes de décès des parents d'enfants âgés de 0 à 17 ans.

Les traumatismes étaient l'une des principales causes de décès des parents d'enfants âgés de moins de dix-huit ans. Au Bangladesh, quelque 4 300 mères meurent chaque année du fait de traumatismes, ce qui laisse environ 17 700 enfants sans leur principal prestataire de soins. Comme on le voit dans le tableau ci-après, la cause principale de décès par traumatisme chez les mères est le suicide (41 %), suivi des accidents de la circulation (29 %), des brûlures (12 %) et de la violence (10 %).

CAUSES DE DÉCÈS PAR TRAUMATISME CHEZ LES PARENTS D'ENFANTS ÂGÉS DE 0 À 17 ANS

| | Causes de tous les décès par traumatisme (%) | | | | | |
|-------|--|--|----------|----------|--------|--------|
| | Suicides | Traumatismes dus à des accidents de la circulation | Brûlures | Violence | Chutes | Autres |
| Mères | 41 | 29 | 12 | 10 | 3 | 5 |
| Pères | 12 | 36 | 0 | 27 | 5 | 13 |

Source: Référence 8.

Environ 7 900 pères meurent chaque année par suite d'un traumatisme, ce qui laisse près de 22 100 enfants dans un ménage ayant perdu sa principale source de revenu. Les causes les plus courantes de décès par traumatisme chez les pères sont les accidents de la circulation (36 %), suivis de la violence (27 %) et du suicide (12 %).

Les enfants privés d'un ou des deux parents sont exposés à la malnutrition, aux maladies, aux troubles du développement, aux traumatismes psychosociaux, à l'exploitation et aux sévices. Au Bangladesh, comme dans de nombreux autres pays, les traumatismes mortels dont leurs parents sont victimes sont l'une des principales raisons pour lesquelles des enfants deviennent orphelins. Outre le grave préjudice qu'ils causent à ces enfants, ces traumatismes imposent une énorme charge à la société. Celle-ci doit non seulement prévenir les traumatismes chez l'enfant, mais aussi prendre des mesures plus efficaces pour réduire l'incidence des traumatismes intentionnels et non intentionnels chez l'adulte.

post-traumatique, de dépression ou d'anxiété. Un mois après, 82 % d'entre eux présentent encore des symptômes. Douze mois plus tard, 44 % ont des retours en arrière, craignent de subir de nouveau un traumatisme ou souffrent de troubles de l'humeur, d'altération de l'image corporelle, de troubles du sommeil ou d'anxiété (23). Une autre étude a observé qu'un quart des enfants souffraient d'un syndrome de stress post-traumatique trois mois après un accident (22).

Les accidents de la circulation peuvent également avoir un profond impact psychologique sur les enfants qui ne sont pas eux-mêmes atteints mais qui perdent un parent ou un aidant (voir l'encadré 2.1). Selon des données recueillies en Asie auprès d'orphelins, 20 % à 66 % d'entre eux avaient perdu un père, une mère ou les deux parents dans un accident de la circulation (15). La perte d'un des parents ou des deux peut provoquer chez l'enfant des problèmes psychosociaux à long terme ainsi qu'un appauvrissement sur le plan économique.

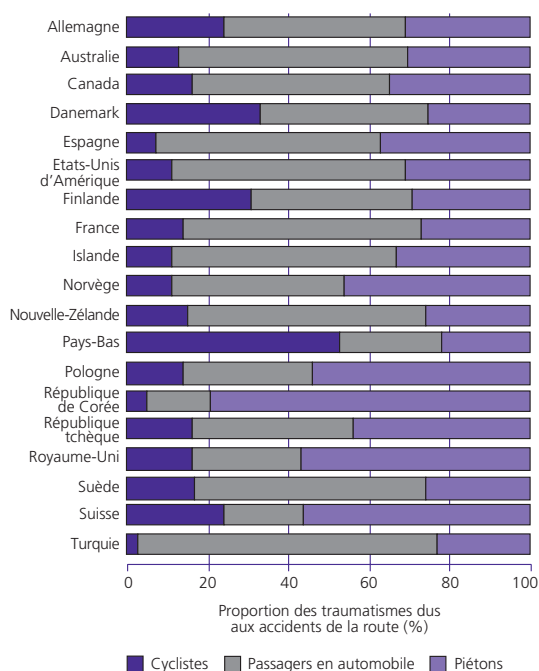
Types d'usager de la route

Les enfants souffrent de traumatismes dans différents rôles associés à divers modes de transport. Ils peuvent être piétons, cyclistes, passagers d'une automobile, motocyclistes (ou vélomotoristes) ou passagers d'une motocyclette (ou d'un vélomoteur) ou encore, usagers de transports publics. Dans certains pays, les enfants travaillent dans la rue, généralement pour y vendre des marchandises, ce qui les oblige à se faufiler dans la circulation.

Les utilisations de la route par les enfants varient selon les pays et influent sur les types de traumatisme qu'ils subissent (voir la figure 2.5).

FIGURE 2.5

Proportion de décès dus à des accidents de la circulation chez l'enfant^a, par type d'usager de la route, dans certains pays de l'OCDE



^a Ces données concernent les moins de 15 ans.
OCDE = Organisation de Coopération et de Développement Économiques.
Source: référence 25.

Piétons

Dans l'ensemble du monde, les piétons constituent le groupe le plus nombreux d'enfants victimes d'accidents de la circulation. Dans les pays à haut revenu, 5 à 10 % des enfants blessés dans un accident de la circulation sont des piétons, tandis que dans les pays à bas ou moyen revenu, ces proportions varient entre 30 et 40 % (26). C'est en Afrique et en Asie que le nombre de traumatismes subis par des enfants piétons est le plus élevé car les gens y ont l'habitude de marcher le long des routes (12, 15). En dépit de réductions significatives de l'incidence des traumatismes chez les enfants piétons dans nombre de pays à haut revenu, leur prévention continue de poser un problème, en particulier dans le cas des 5 - 14 ans.

Passagers

Les enfants blessés ou tués à bord d'une automobile sont un grave sujet de préoccupation dans les pays à haut revenu où ces cas peuvent représenter jusqu'à 50 % des décès d'enfants dus à des accidents de la circulation (27). Avec les progrès de la motorisation, les décès d'enfants passagers d'une voiture commencent à poser un problème dans bien des pays à moyen revenu.

Cyclistes

Dans de nombreux pays, les enfants pratiquent le cyclisme en tant que forme de loisir, mais dans la plupart des pays d'Asie, la bicyclette constitue en outre un moyen de transport très répandu. Les statistiques en témoignent : en effet, les cyclistes représentent 3 à 15 % des enfants blessés sur la route et 2 à 8 % de ceux qui sont décédés dans un accident de la circulation (26). Dans certains pays d'Asie, ce dernier chiffre peut même atteindre 33 % (28). Si le nombre de décès d'enfants cyclistes a baissé dans les pays à haut revenu (27), les traumatismes associés à l'utilisation d'une bicyclette sont en progression dans bon nombre de pays à bas ou moyen revenu, spécialement en Asie du Sud-Est et dans le Pacifique occidental (28).

Deux-roues à moteur

Lorsque les deux-roues à moteur sont couramment utilisés pour les déplacements familiaux, il n'est pas rare de voir de très jeunes enfants assis sur le réservoir d'essence d'une moto ou derrière le conducteur. Dans certains pays d'Asie, où les deux-roues à moteur sont le mode de transport le plus courant et où les enfants ont le droit de conduire des petites cylindrées dès l'âge de 15 ans, les accidents de deux-roues sont la principale cause de mortalité et de morbidité chez les adolescents (15).

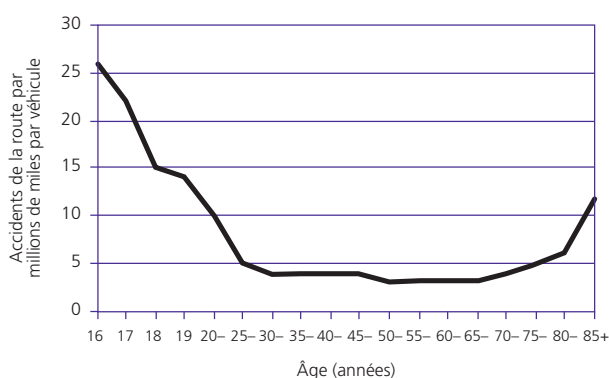
Jeunes conducteurs

Les traumatismes et les décès chez les jeunes conducteurs posent un problème majeur dans les pays à haut revenu car, ainsi que le montre une étude à grande échelle, les accidents survenus à de jeunes conducteurs causent entre 20 % et 30 % de tous les décès enregistrés sur la route (29). Les jeunes conducteurs sont notamment exposés à un risque élevé d'accident au cours de la première année où ils conduisent seuls. Une étude suédoise montre que les conducteurs débutants risquent 33 fois plus

d'être victimes d'un accident que les autres conducteurs (30), tandis qu'en Australie occidentale, on a constaté que les détenteurs d'un permis de conduire provisoire risquent 15 fois plus d'avoir un accident que les conducteurs plus chevronnés (31). Aux États-Unis, le risque d'accident pour un conducteur âgé de 16 ans est cinq fois plus élevé que le risque moyen pour les conducteurs de tous âges (32) (voir la figure 2.6). Bien que les taux de mortalité chez les jeunes conducteurs aient diminué dans la plupart des pays à haut revenu au cours de ces dernières décennies, la proportion de jeunes conducteurs dans le total des conducteurs tués demeure élevée, ce qui confirme la nécessité d'accroître les efforts de prévention axés sur cette catégorie d'utilisateurs de la route.

FIGURE 2.6

Implication d'un conducteur dans un accident de la circulation par million de miles^a parcourus, selon l'âge du conducteur, États-Unis d'Amérique, 2001–2002



^a 1 mile équivaut approximativement à 1,60934 kilomètres.

Source : référence 32, reproduit avec permission.

Véhicules lourds

Rares sont les études qui ont porté expressément sur les risques courus par l'enfant présent dans un accident survenu à un véhicule lourd (33). La plupart des transports publics qu'empruntent les enfants sont des autobus, des véhicules lourds et des cars scolaires. Dans les pays à bas ou moyen revenu, des autobus non conformes aux règles de sécurité sont souvent impliqués dans de graves accidents dont sont victimes des enfants. Dans les pays à haut revenu, c'est en descendant d'un car scolaire que les écoliers courent les plus grands risques, plutôt qu'en cours de trajet (34, 35).

Incidence économique des traumatismes dus aux accidents de la circulation

Selon les estimations, les pertes mondiales résultant des traumatismes dus aux accidents de la circulation atteignent US\$ 518 milliards par an (36) et le coût annuel des accidents de la circulation dans les pays à bas ou moyen revenu se situe entre US\$ 65 milliards et US\$ 100 milliards. Ainsi, le coût pour les pays de ces accidents et de leurs conséquences atteint jusqu'à 3 % de leur produit national brut (1). On ne dispose pas de données sur le coût mondial des traumatismes dus aux accidents de la circulation chez l'enfant.

Les coûts directs et indirects des traumatismes dus aux accidents de la circulation sont multiples, tant pour les

personnes directement touchées que pour les économies nationales. Parmi ces coûts figurent :

- les handicaps permanents ;
- l'absentéisme scolaire ;
- les soins médicaux ;
- les frais de procédures juridiques ;
- les coûts de réparation des véhicules ;
- les pertes de revenu pour les parents qui doivent s'absenter du travail pour soigner leur enfant.

En outre, des coûts économiques à long terme résultent d'un décès prématuré, de la réadaptation, de la perte d'années de vie en santé chez l'enfant et de l'incapacité des personnes gravement handicapées à donner leur pleine mesure au travail.

Les pauvres, surreprésentés dans le groupe des personnes victimes d'un accident de la circulation, sont le plus durement touchés par ces coûts. Les résultats d'études entreprises au Bangladesh et en Inde donnent à penser que les pauvres qui subissent un traumatisme s'enfoncent davantage dans la pauvreté, parce qu'ils doivent travailler davantage, vendre des biens ou contracter d'autres emprunts pour avoir les moyens de prendre soin de la personne blessée (37).

Limites des données

Bon nombre de pays n'ont pas mis en place un système de surveillance des traumatismes capable de fournir des données fiables sur les accidents de la circulation et les traumatismes qui en résultent. Les indicateurs, notamment ceux concernant les issues non fatales, sont rares et ceux dont on se sert ne font pas l'objet de définitions normalisées – précisant en particulier ce que l'on entend par traumatisme léger, modéré ou grave. Il arrive souvent que des différences apparaissent entre les données provenant de plusieurs sources – par exemple, la police et les professionnels de la santé – ce qui rend les comparaisons difficiles (1). Le problème est encore aggravé par le fait que les décès et traumatismes dus aux accidents de la circulation sont largement sous-notifiés, tant par les services de santé que par la police.

Outre ces limites, on se heurte au problème des tranches d'âge utilisées pour notifier les traumatismes et les décès dus aux accidents de la circulation chez l'enfant. Les divergences à cet égard rendent les comparaisons particulièrement délicates.

Des données fiables sont nécessaires pour servir de base au processus de décision. La mise en place d'un système simple et rentable ou l'amélioration des systèmes déjà utilisés devraient donc figurer parmi les mesures prioritaires des efforts en faveur de la sécurité routière. Ceci dit, la pénurie actuelle de données fiables ne doit pas entraver l'adoption des autres mesures nécessaires.

Facteurs de risque

La plupart des facteurs qui augmentent le risque de traumatismes dus aux accidents de la circulation dans la population générale valent aussi pour les enfants. C'est ainsi que ceux-ci subissent les effets des excès de vitesse et de la conduite en état d'ivresse, de la non-utilisation des

TABLEAU 2.2

Matrice de Haddon appliquée aux facteurs de risque de traumatisme dû à un accident de la route chez l'enfant

| | Facteurs ayant trait à l'enfant | Véhicule et matériel de sécurité | Environnement physique | Environnement socio-économique |
|-------------------------|---|---|---|--|
| Avant l'accident | Âge, sexe, défaut de surveillance, prise de risques, comportement impulsif, désobéissance, défaut de contrôles policiers. | Véhicule peu sûr, mauvais éclairage, mauvais état des freins, excès de vitesse, surcharge. | Mauvaise conception des routes, pénurie de transports publics, non-application des limites de vitesse, absence de glissières de sécurité, insuffisances de la législation sur l'alcool, défaut d'infrastructure pour la sécurité des piétons. | Pauvreté, famille monoparentale, famille nombreuse, manque d'éducation de la mère, mauvaise prise de conscience des risques chez les aidants, les personnes ayant la charge d'enfants et les éducateurs. |
| Au moment de l'accident | Taille et développement physique de l'enfant, manque de matériel pour la protection des occupants ou mauvaise utilisation de ce matériel, affections préexistantes chez l'enfant. | Dispositifs de retenue pour enfant et ceintures de sécurité mal ajustés ou mal utilisés, casques de vélo et de moto non utilisés, mauvaise conception du véhicule pour une protection en cas d'accident, pas de protection en cas de tonneau. | Objets situés le long des routes comme les arbres et les poteaux. | Absence d'une culture de la sécurité dans la voiture et sur la route. |
| Après l'accident | Manque de résistance de l'enfant, état général de l'enfant, défaut d'accès à des soins de santé appropriés, complications post-traumatiques. | Difficulté d'accès à la victime, pénurie d'agents de santé et de sauveteurs qualifiés. | Défaut de soins pré-hospitaliers, de soins aigus et de services de réadaptation appropriés. | Absence d'une culture de soutien des personnes souffrant de traumatismes; Pas de premiers soins sur le lieu de l'accident. |

dispositifs de sécurité et des facteurs en rapport avec la sécurité des véhicules et l'environnement routier. Cependant, il existe aussi des facteurs de risque propres aux enfants. L'environnement routier est conçu en fonction des adultes. Il n'est pas destiné aux enfants et lorsque ces derniers entrent en contact avec lui, ils s'exposent à un risque qu'il serait possible d'atténuer. L'ensemble des facteurs de risque qui augmentent la vulnérabilité de l'enfant aux accidents de la route peut être examiné dans le cadre conceptuel de la matrice de Haddon (voir le tableau 2.2).

Facteurs ayant trait à l'enfant

Développement physique

La tête, la poitrine, l'abdomen et les membres d'un enfant sont tous en cours de croissance et leur relative fragilité rend l'enfant plus vulnérable au choc d'un accident qu'un adulte. De surcroît, la taille réduite des enfants peut occasionner des problèmes car elle restreint leur capacité de voir ou d'être vus au-dessus d'une certaine hauteur, par exemple celle d'une automobile en stationnement ou d'un gros camion, et dans le cas d'un enfant piéton, c'est là un facteur de risque de traumatisme bien connu. En outre, les capacités sensorielles des enfants ne sont pas pleinement développées et leur aptitude à synthétiser l'information communiquée par leur champ de vision périphérique et par leur ouïe est limitée : ils peuvent donc ne pas percevoir des signes critiques de danger ce qui accroît leur risque d'accident (38).

Développement cognitif

Les processus de développement en cours chez l'enfant ont une incidence sur sa capacité à prendre les bonnes décisions dans l'environnement routier et sont étroitement associés à l'âge (39).

Entre cinq et sept ans, l'enfant maîtrise les notions de vitesse et de distance (40). Cependant, il n'est guère en mesure de repérer les endroits où il est dangereux de traverser une route car il se fie uniquement à la présence visible d'automobiles à proximité. En outre, il a peu de chances de déterminer avec exactitude la présence de véhicules venant dans sa direction. Les jeunes enfants ne perçoivent pas comme un danger les sections de route non visibles (angles morts), les obstacles situés au bord de la route qui peuvent empêcher les conducteurs de les voir et les croisements compliqués (39, 41). Nombre d'accidents de la circulation dont sont victimes de jeunes enfants surviennent lorsque ces derniers traversent soudainement. En pareil cas, un enfant piéton est blessé en raison d'une « erreur de comportement critique » puisqu'il a omis de s'arrêter ou tout au moins de ralentir avant de s'engager sur la voie. Ce genre de comportement s'explique par un effet de centration chez l'enfant – c'est-à-dire par son incapacité à déplacer son attention d'une tâche à une autre (42).

Ces processus cognitifs sont plus développés chez les enfants âgés de 11 ans ou davantage. Ceux-ci semblent pouvoir déceler la dangerosité d'une portion de voie et faire preuve d'assez de discernement pour évoluer en sécurité dans l'environnement routier (43). Les enfants de plus de 12 ans sont capables de modifier leur comportement lorsqu'ils se trouvent dans une situation nécessitant l'exécution de deux tâches.

Des recherches sont en cours dans ce domaine et l'on publie régulièrement de nouvelles données sur les capacités des enfants en tant qu'usagers de la route. Deux problèmes touchant au développement cognitif ont été récemment soulevés à ce sujet.

- Il apparaît de plus en plus qu'en dépit du fait que les processus visuels auxquels les enfants doivent faire appel pour traverser une route sont pleinement

développés dès la petite enfance, les signaux visuels ne sont entièrement intégrés dans un contexte significatif que chez les enfants âgés de 10 à 12 ans (44, 45).

- Les processus cognitifs qui s'opèrent dans le cerveau des adolescents peuvent influencer sur le risque d'accident de la circulation auquel ils sont exposés en tant que jeunes conducteurs. En utilisant des techniques d'imagerie cérébrale, les recherches neurobiologiques menées au cours des dix dernières années montrent que certaines zones du lobe frontal – en particulier le cortex préfrontal qui régit le discernement, la prise de décisions, le raisonnement et le contrôle des impulsions – n'atteignent, semble-t-il, leur pleine maturité qu'à l'âge de 20 ou 25 ans (46). Bien qu'aucune étude n'ait encore été entreprise pour tenter d'établir un lien direct entre ces nouvelles données sur le développement du cerveau et la conduite automobile, ces constatations éclairent quelque peu les mécanismes biologiques pouvant mettre en danger nombre de jeunes conducteurs.

Comportements à risque

Alors que les jeunes enfants peuvent involontairement prendre des risques parce qu'ils n'ont pas les compétences requises pour les éviter, les enfants plus âgés et les adolescents peuvent rechercher activement le risque. En adoptant des comportements dangereux, les adolescents ont peut-être le sentiment de maîtriser leur destin ou de se rebeller contre l'autorité. Les recherches montrent que les jeunes adultes sont avides de sensations fortes et ont besoin de maintenir un haut niveau d'activation physiologique. C'est pourquoi ils recherchent de nouvelles situations ou expériences, quels qu'en soient les risques. Cette recherche de sensations fortes se traduit fréquemment par une propension à prendre des risques, notamment au volant d'une automobile ou en traversant une voie de circulation. Elle s'intensifie entre 9 et 14 ans, pour atteindre un pic à la fin de l'adolescence ou au début de l'âge adulte, et diminue progressivement avec l'âge (47).

Le comportement à risque est un important facteur prédictif des accidents de la circulation chez les enfants piétons et les jeunes conducteurs âgés de 16 à 17 ans (48–50). À tous les âges mais particulièrement chez les jeunes, la recherche de sensations fortes est plus courante chez les garçons que chez les filles. Dès l'âge de 11 ans, les garçons sont plus portés sur la vitesse, les comportements à risque et la compétition, ce qui les expose davantage aux accidents de la circulation (51).

Un certain degré de prise de risques répond à un besoin physiologique normal et constitue un élément nécessaire à la croissance et au développement de l'enfant. Fréquemment, toutefois, les enfants ne réalisent pas que pour éviter un danger, ils doivent prendre une série de décisions complexes. C'est aux adultes qu'il incombe de comprendre la vulnérabilité des enfants dans l'environnement routier ainsi que les limites liées à leur stade de développement, et d'assurer leur sécurité par des interventions adaptées à ce stade de développement.

Influence des pairs

Lorsque le jeune enfant devient un adolescent, il entre dans une phase de son développement où l'influence des parents décline et où il commence à découvrir et affirmer son indépendance. Cette transition peut se manifester dans le mode de vie et par une conformité croissante à certaines normes sociales qui ont une incidence sur le comportement et la prise de décisions. Pour de nombreux jeunes, les pairs ont une grande importance et peuvent être la principale source des normes sociales qu'ils s'emploient à adopter (29).

Les normes sociales, y compris les pressions des pairs et l'accent mis sur la rébellion dans la culture des jeunes, peuvent avoir une influence sur la manière dont ceux-ci conduisent un véhicule. Un pair passager peut influencer directement sur le comportement d'un conducteur. Des recherches montrent que, par rapport aux conducteurs plus âgés, les jeunes conducteurs subissent davantage les pressions de leurs pairs pour commettre des infractions telles qu'une vitesse excessive, la conduite en état d'ivresse et des dépassements dangereux (52). Il existe un lien étroit entre la présence dans une automobile de passagers ayant à peu près le même âge que le conducteur et l'augmentation du niveau de risque. Un certain nombre d'études montrent que les jeunes conducteurs, tant garçons que filles, conduisent plus vite et suivent de plus près le véhicule qui les précède aux carrefours s'il y a des jeunes passagers à bord (51, 53).

Sexe

On a des preuves de l'existence d'une forte corrélation entre le sexe, le comportement en matière de sécurité routière et les traumatismes dus aux accidents de la circulation. La plupart des études indiquent une nette surreprésentation masculine, le rapport hommes-femmes oscillant entre 3:1 et 5:1. Cette corrélation est la même dans toutes les régions du monde et concerne à la fois les traumatismes mortels et non mortels.

La prédominance des garçons dans les statistiques des traumatismes dus aux accidents de la circulation s'explique en partie par des différences d'exposition au risque. Selon des recherches portant sur des piétons de sexe masculin âgés de 10 à 12 ans, le degré d'exposition, de même que la nature de l'environnement routier, influent sur les taux de traumatismes chez les membres de ce groupe, notamment ceux qui sont issus de régions pauvres (54). Cependant, l'exposition n'est pas l'unique facteur en cause. Chez les jeunes conducteurs de sexe masculin, le nombre d'accidents mortels par kilomètre parcouru est plus élevé que chez les jeunes conductrices, même si l'on tient compte de leur degré d'exposition supérieur. Parmi les autres facteurs qui sont, estime-t-on, à l'origine de cette différence, figure une plus grande propension à prendre des risques et à rechercher des sensations fortes.

Type d'usager de la route

Il n'y a pas d'âge précis auquel un enfant peut être considéré comme un usager de la route sûr. Les enfants n'analysent pas les conditions de circulation complexes et n'y réagissent pas de la même manière que les adultes. En outre, la capacité de

Comment les dispositifs de retenue préviennent les traumatismes chez les enfants passagers

Dans la première moitié du XX^e siècle, on s'est attaché à améliorer la sécurité routière en modifiant le comportement des conducteurs pour éviter les accidents. Dans les années 1950, les précautions déjà en vigueur à bord des avions, dont l'utilisation de ceintures de sécurité, ont commencé à être imposées pour les véhicules à moteur. On a constaté que des ceintures de sécurité bien ajustées absorbent l'énergie engendrée par une brusque décélération en cas d'accident. En outre, le port de la ceinture de sécurité réduit le risque d'éjection hors du véhicule et - si la ceinture est correctement ajustée - permet de répartir les forces d'un accident sur les os durs plutôt que sur les organes internes mous et fragiles. Les premières lois sont entrées en vigueur en 1966, date à laquelle le gouvernement fédéral des États-Unis a promulgué des règles imposant que les véhicules neufs soient équipés de ceintures de sécurité.

Des ingénieurs européens ont observé que les différences biologiques entre les adultes et les enfants limiteraient l'efficacité des ceintures de sécurité pour ces derniers. C'est dans les années 1960 qu'ils ont mis au point le premier modèle de siège spécialement conçu pour les enfants. Il s'agit d'un siège avec des harnais adapté à la taille des enfants et fixé au châssis du véhicule au moyen de la ceinture de sécurité déjà en place. Divers modèles qui variaient en fonction de la taille de l'enfant ont rapidement suivi. En 1963, est apparu le premier siège de bébé en position « dos à la route ».

Si des ceintures de sécurité et des dispositifs de retenue pour enfants étaient disponibles dans le commerce dès la fin des années 1960, leurs avantages n'avaient pas été largement diffusés et leur utilisation est donc demeurée faible. Avec les progrès de la motorisation, le nombre de décès à la suite d'accidents de la route n'a cessé d'augmenter. En 1970, l'état de Victoria, en Australie, a adopté une loi sur les ceintures de sécurité et en 1977, le taux du port de la ceinture dans cet état avait atteint 90 %. D'autres pays ont ensuite progressivement adopté leurs propres lois sur le port de la ceinture de sécurité.

Aux États-Unis d'Amérique, on a constaté vers la fin des années 1970 que les nourrissons étaient surreprésentés parmi les enfants passagers tués dans des accidents (57). En 1978, l'état du Tennessee a été le premier à adopter une loi imposant l'installation dans les véhicules d'un dispositif de retenue pour tous les enfants âgés de moins de quatre ans. L'utilisation de ces dispositifs est alors passée de 8 % à 30 % et l'incidence des décès chez les enfants passagers a diminué de moitié. En 1985, l'ensemble des États-Unis et beaucoup d'autres pays avaient adopté des lois similaires sur les dispositifs de retenue pour enfants. Aujourd'hui, la plupart de ces lois ont été modifiées pour imposer l'utilisation de rehausseurs de siège permettant de positionner correctement la ceinture de manière à prévenir efficacement les traumatismes chez les enfants trop grands pour un siège de bébé (58).

Les idées sur la meilleure façon de protéger les enfants passagers continuent d'évoluer à mesure que l'on fait de nouvelles découvertes scientifiques et que l'on met au point de nouvelles technologies. Il importe cependant de toujours se conformer aux principes de base en matière de sécurité des enfants passagers (59). Selon ces principes, il est essentiel de n'utiliser que des systèmes de retenue certifiés conformes aux normes nationales et de placer les enfants sur le siège arrière. Dans les pays où la motorisation progresse rapidement, il est possible d'éviter les décès et les traumatismes chez l'enfant en adoptant des programmes et des lois favorisant l'utilisation des dispositifs de retenue pour enfants et assortis de normes nationales pour que ces dispositifs soient pleinement efficaces, et en mettant en place un système de surveillance qui permette de repérer les risques nouveaux auxquels les enfants peuvent être exposés.



© NCIPC

traitement de l'information et les aptitudes psychomotrices des jeunes enfants diffèrent de celles des enfants plus âgés. Par ailleurs, l'impulsivité, la curiosité et le goût de l'expérimentation sont des caractéristiques de l'adolescent. Ceci dit, les enfants se développent à un rythme différent et des différences marquées peuvent donc s'observer sur le plan individuel.

Piétons

Dans de nombreuses régions du monde, la plupart des enfants blessés ou tués sur la route sont des piétons, notamment dans les pays à bas ou moyen revenu. Les facteurs de développement physique et cognitif mentionnés plus haut augmentent le risque d'accident de la circulation chez les enfants piétons, surtout les plus jeunes qui, en raison de leur petite taille et des limites de leurs capacités cognitives, sont moins en mesure de prendre les bonnes décisions. Dans bien des pays à bas ou moyen revenu, les enfants jouent sur la route ou s'y livrent à un petit commerce, activités qui les exposent à un risque nettement accru. La recherche du risque et la pression des pairs peuvent encore accroître les dangers auxquels sont exposés les adolescents piétons.

Passagers

Pour les jeunes enfants qui prennent place à bord de véhicules, le principal facteur de risque est l'absence, ou la mauvaise utilisation, d'un dispositif de protection. Les enfants doivent être retenus à l'aide d'un dispositif adapté à leur âge, leur poids et leur taille (encadré 2.2). Les taux d'utilisation de dispositifs de protection appropriés à bord des automobiles varient considérablement d'un pays à l'autre - de presque 90 % aux États-Unis (55) à pratiquement 0 % à Oman (56) et si nombreux sont les parents qui utilisent un siège d'automobile pour bébé, nettement plus rares sont ceux qui lorsque l'enfant a grandi, remplacent ce siège par un dispositif de retenue approprié.

Partout dans le monde, les adolescents et les jeunes adultes sont ceux qui utilisent le moins les ceintures de sécurité. Lors d'une enquête sur les comportements à risque des jeunes, seul un tiers des 14 - 17 ans ont déclaré qu'ils attachaient toujours leur ceinture de sécurité à bord d'une automobile. Plus d'un tiers ont reconnu avoir été à bord d'un véhicule dont le conducteur avait consommé de l'alcool (60). En outre, il a été constaté qu'un conducteur débutant âgé de 16 à 18 ans qui transporte des passagers ayant à peu près son âge est davantage exposé à un risque d'accident (61).

Cyclistes

Leur vulnérabilité est le principal risque pour les cyclistes (62). Dans la plupart des pays à haut revenu, les enfants font du vélo pour leur plaisir et ceux qui se tuent ne représentent donc qu'une faible proportion des décès survenus sur la route, encore qu'il faille noter que de nombreux accidents mineurs survenus à des cyclistes ne sont jamais déclarés à la police (63). En revanche, dans de nombreux pays à bas ou moyen revenu où la bicyclette est avant tout un mode de transport, la proportion de décès dus à des accidents de la route est beaucoup plus élevée. À Beijing, par exemple, un tiers environ des personnes décédées sur la route sont des cyclistes (28).

Parmi les autres risques associés à l'utilisation d'une bicyclette figurent :

- L'absence d'un casque porté correctement (64) ;
- L'utilisation d'une voie de circulation mixte (33) ;
- Le passage sur un trottoir (65) ;
- la difficulté d'être vu clairement par les autres usagers (66).

Dans de nombreux pays, même développés, peu d'enfants portent un casque de sécurité lorsqu'ils font de la bicyclette. Selon une étude menée en Afrique du Sud à la fin des années 1990, seuls 1,4 % des enfants conduits aux urgences après un accident de bicyclette portaient un casque au moment de l'accident (67), mais ce pourcentage était plus élevé dans les provinces ayant adopté des lois sur le port du casque (68).

Motocyclettes (et autres deux-roues à moteur)

Leur vulnérabilité est aussi le principal facteur de risque pour les enfants conduisant un deux-roues à moteur, comme pour d'autres catégories d'usagers de la route. Dans bien des pays, de très jeunes enfants sont transportés comme passagers sur des motos. Seuls quelques-uns, très peu nombreux, portent un casque – soit parce qu'on n'en trouve pas à leur taille soit parce qu'ils sont trop chers.

Dans bien des pays, la loi autorise les adolescents à conduire une moto de petite cylindrée à partir de 15 ans. Or, à cet âge, l'enfant est à une période de son développement que l'on sait être associé à des comportements à risque. Il n'est donc pas surprenant que, dans certains pays, les jeunes motards ou leurs passagers représentent jusqu'à un tiers des personnes décédées à la suite d'un accident de moto (69). Dans bon nombre de pays, le port du casque est peu répandu chez les motocyclistes et leurs passagers, d'où un risque élevé de traumatismes crâniens (70). Au Viet Nam, par exemple, le casque est généralement moins utilisé par les adolescents et les jeunes conducteurs que par les adultes d'âge mûr (71).

Des études indiquent que le port du casque de sécurité dépend largement de l'existence d'une loi le rendant obligatoire (60). L'absence de lois générales sur le port du casque s'appliquant à tous les groupes d'âge et la non application des lois et règlements existants ainsi que les prix élevés des casques réglementaires peuvent avoir contribué à la faible prévalence du port du casque de moto dans bien des régions.

Jeunes conducteurs

Les adolescents et les jeunes conducteurs sont, en matière de risque, un groupe à part. Certains pays notent une augmentation du nombre d'accidents et de décès chez les conducteurs débutants, en particulier durant la première année de conduite (72–75). Pour un kilométrage donné, les conducteurs âgés de 16 ans risquent deux fois plus que ceux de 20 à 24 ans, et quatre fois plus que ceux de 25 à 29 ans, d'être impliqués dans un accident entraînant la mort d'un passager (76). Il semble qu'un certain nombre de facteurs interdépendants exposent les jeunes conducteurs à un risque élevé de traumatisme dû à un accident de la circulation.

- L'influence de l'âge est indépendante, semble-t-il, du degré d'expérience de la conduite (29, 75, 77). Les conducteurs débutants de 16 à 19 ans sont impliqués dans un plus grand nombre d'accidents que les conducteurs débutants de 20 ans ou plus possédant la même expérience de la conduite (77). Toutefois, le risque d'accident diminue nettement au cours des premières années de conduite, ce qui tient essentiellement à l'expérience plutôt qu'à l'âge.
- Parmi les comportements dangereux chez les jeunes conducteurs figurent :
 - *La conduite en état d'ivresse.* L'alcool réduit l'aptitude à la conduite des adolescents, généralement à des taux sanguins inférieurs à ceux qui produisent le même effet chez les adultes. Des données récentes incitent à penser que la réaction physiologique des adolescents à l'alcool peut différer de celle des adultes (78), ce qui les rend moins sensibles aux signaux indiquant une altération de leurs facultés. En Nouvelle-Zélande, on a constaté que les conducteurs de moins de 20 ans risquent cinq fois plus d'avoir un taux d'alcoolémie élevé que des conducteurs âgés de 30 ans ou plus (79, 80). Aux États-Unis d'Amérique, 30 % des adolescents ont déclaré avoir été à bord d'un véhicule conduit par une personne en état d'ébriété au cours du mois précédent. Un sur 10 a admis avoir pris le volant alors qu'il avait consommé de l'alcool (81).
 - *Excès de vitesse.* Les adolescents ont davantage tendance que les adultes plus âgés de faire des excès de vitesse (82). Dans le cadre d'une enquête portant sur 20 000 conducteurs âgés de 16 à 24 ans, des chercheurs ont découvert que les jeunes conducteurs risquaient beaucoup plus que leurs aînés de faire des dépassements de vitesse de plus de 20 km/h (83).
 - *Non-utilisation de la ceinture de sécurité.* Comparativement aux autres groupes d'âge, les adolescents sont ceux qui utilisent le moins la ceinture de sécurité. En 2005, 10 % des lycéens des États-Unis d'Amérique ont déclaré qu'ils ne portaient que rarement, voire jamais, la ceinture de sécurité lorsqu'ils se trouvaient dans une automobile en compagnie d'une autre personne (81).
 - *Défaut d'attention.* L'utilisation d'un téléphone cellulaire, d'un iPod ou d'un appareil électronique, même s'il s'accompagne d'un kit mains libres, ralentit le traitement de l'information et, par conséquent,

accroît le risque d'accident (84). Ce risque est même supérieur à celui associé au défaut d'attention qui résulte de la présence de deux passagers ou plus (85).

— *Fatigue*. Les conducteurs adolescents qui manquent de sommeil risquent davantage d'avoir un accident. La fatigue peut également exacerber les effets d'autres facteurs de risque comme l'alcool, la vitesse et l'inexpérience (86–88).

- Les jeunes conducteurs, tant garçons que filles, sont proportionnellement plus nombreux à être impliqués dans des accidents de la circulation en soirée et au petit matin. Bon nombre de ces accidents ne mettent en cause qu'un seul véhicule.
- La présence d'autres adolescents dans un véhicule conduit par un adolescent est l'un des principaux facteurs prédictifs d'un accident (73, 82, 89–91).
- Les jeunes conducteurs sont enclins à enfreindre les règles de la circulation (92). Selon une étude réalisée en Inde, 20 à 30 % des infractions au code de la route sont commises par des conducteurs de moins de 20 ans, et plus d'un tiers de ces derniers ne possèdent pas de permis de conduire ou ont obtenu leur permis sans avoir été tenus de passer un test préalable (93).

Défaut de surveillance

Des différences d'appréciation par les parents de la dangerosité des activités en fonction de l'âge de l'enfant pourraient expliquer en partie les variations du tableau mondial de la traumatologie infantile associée aux accidents de la route selon l'âge, le sexe et le statut socio-économique. Toutefois, le rôle exact de la perception parentale du risque dans les chances qu'à un enfant d'être victime d'un accident de la circulation n'est pas clair. Les attitudes à l'égard de la conduite et de l'usage de la voie publique semblent acquises dès l'âge de 11 ans, ce qui porte à croire que la perception du risque par un parent peut influencer le comportement d'un enfant sur la route (51). Cependant, peu de chercheurs ont tenté jusqu'ici de quantifier le rôle de la perception parentale dans le risque chez l'enfant d'un traumatisme dû à un accident de la circulation.

On considère souvent le défaut de surveillance par un adulte comme un facteur de risque d'un traumatisme dû à un accident de la route chez l'enfant. Ce n'est toutefois que l'un de plusieurs facteurs interdépendants. Les parents ou aidants peu aptes à surveiller des enfants présentent un certain nombre de caractéristiques, dont la monoparentalité et le fait de travailler ou de souffrir d'une maladie ou de dépression (94). De telles caractéristiques s'observent dans des familles du monde entier et sont relativement indépendantes de la situation économique du pays.

Dans tous les cas, un enfant surveillé par un adulte risque nettement moins d'être victime d'un accident de la circulation. Une étude menée en Malaisie indique que le risque d'accident chez les enfants surveillés par leurs parents est réduit de 57 % (95). Une autre étude réalisée au Canada a constaté que l'absence de surveillance parentale

multiplie par 2,6 le risque de traumatisme chez un enfant piéton ou cycliste (96). Des chercheurs qui ont examiné le risque auquel est exposé un enfant piéton en fonction de diverses formes de surveillance ont constaté une forte corrélation positive entre les traumatismes subis par des enfants piétons et un défaut de surveillance, tant après la sortie de l'école que sur le chemin de celle-ci (97).

Pauvreté

Le statut socio-économique de la famille influe sur le risque pour un enfant ou un jeune adulte de décéder ou d'être blessé dans un accident de la circulation, les enfants issus d'un milieu pauvre étant les plus exposés. Cet effet s'observe non seulement entre pays riches et pauvres mais également au sein d'un même pays. C'est ainsi que des données émanant de la Suède et du Royaume-Uni montrent que les enfants et les jeunes adultes risquent davantage un traumatisme dû à un accident de la circulation s'ils sont issus d'une famille pauvre (98–100). Au Kenya, le choix du mode de transport est souvent lié au revenu familial – les membres de familles à faible revenu risquent souvent davantage d'être des usagers de la route vulnérables (101). Selon une étude mexicaine, il existe une forte corrélation entre la taille de la famille et le risque de traumatisme chez les enfants piétons (102).

Facteurs liés au véhicule

Compte tenu de la taille réduite des enfants, un véhicule mal conçu les expose à un risque important de traumatisme lors d'un accident de la circulation. La conception classique d'un véhicule peut avoir une incidence majeure sur le risque de traumatisme et sur la gravité des blessures chez un enfant piéton, surtout si la tête de ce dernier heurte un pare-brise rigide (103). Les concepteurs des véhicules cherchent actuellement à minimiser la gravité des traumatismes que peuvent subir les piétons, notamment en modifiant les pare-chocs de manière que l'impact d'une collision soit absorbé par un capot moins rigide et qu'ainsi, la tête d'un piéton n'entre pas en contact avec le pare-brise (104). Les modifications apportées à la conception des véhicules qui ont effectivement permis de réduire la fréquence et la gravité des traumatismes lors de collisions entre des véhicules et des piétons adultes sont maintenant adaptées aux enfants.

Les traumatismes provoqués par un véhicule en marche arrière – généralement dans une allée ou sur un parking – surviennent lorsqu'un conducteur heurte un jeune enfant alors qu'il effectue une manœuvre. Les enfants âgés de un à trois ans sont particulièrement exposés en raison de leur taille réduite et de leur incapacité d'attirer l'attention du conducteur. Ces traumatismes sont malheureusement de plus en plus fréquents du fait de la popularité accrue des SUV (véhicules 4 x 4 de loisirs) (105, 106). Bon nombre de véhicules sont maintenant dotés d'un radar de marche arrière qui pourrait réduire la fréquence de ces traumatismes (107).

En ce qui concerne la bicyclette, les trois quarts environ des accidents, aux Pays-Bas, qui mettent en cause des passagers – souvent des enfants – transportés sur une bicyclette sont

dus au fait que leurs pieds se coincent dans les rayons des roues et que 60 % des bicyclettes ne sont pas équipées d'un dispositif de protection permettant de prévenir ce genre d'incident (108). Des modifications ergonomiques des bicyclettes pourraient en améliorer la sécurité (108, 109).

Facteurs environnementaux

Il est normal que les enfants se livrent à des activités sur la voie publique – par exemple, faire de la bicyclette, marcher, courir, jouer ou autres activités de groupe courantes. La pratique de ces activités dès le jeune âge est également cruciale pour le développement des enfants. Voilà pourquoi il importe que la voie publique soit un endroit où ils peuvent le faire en toute sécurité.

De nos jours, la motorisation et l'urbanisation font des progrès rapides dans la plupart des régions du monde. Les objectifs visés semblent être une mobilité accrue et accélérée ; par contre, la sécurité – et en particulier celle des enfants – entre rarement en ligne de compte. Un certain nombre de facteurs environnementaux augmentent les risques courus par les enfants qui utilisent la voie publique. Parmi ces facteurs, on peut mentionner :

- les voies où circulent quotidiennement plus de 15 000 véhicules ;
- un mauvais aménagement du territoire, y compris le réseau routier, avec notamment:
 - de longues voies rapides rectilignes qui favorisent la vitesse et une occupation des sols mixte avec à la fois des quartiers résidentiels, des écoles et des commerces (110, 111) ;
 - un nombre insuffisant d'aires de jeux, ce qui incite les enfants à jouer dans la rue ;
 - l'absence de dispositifs permettant de séparer les divers types d'usagers – par exemple, pistes cyclables et trottoirs pour les enfants piétons (112, 113) ;
 - la présence de commerces ambulants qui peuvent employer des enfants ;
- l'absence de transports publics sûrs et efficaces ;
- des limites de vitesse trop élevées, en particulier dans les zones résidentielles où les enfants jouent ou marchent sur le chemin de l'école (97, 113–115) ;

Absence d'un traitement rapide des blessés

Un bon rétablissement des victimes d'accidents de la route dépend de la présence et de l'accessibilité de services de traumatologie de qualité. Dans bien des pays à bas ou moyen revenu, ces services sont soit inexistantes, soit d'une capacité et d'une compétence insuffisantes. Des enquêtes menées en Asie ont révélé que de nombreux enfants souffrant de traumatismes ne reçoivent pas de soins médicaux. À Beijing, la proportion de ceux qui sont soignés par rapport au total des traumatisés est de 1:254, tandis qu'en Thaïlande, elle est de 1:170 (15).

Dans de nombreux pays à bas ou moyen revenu, les problèmes les plus graves posés par les soins préhospitaliers et les soins d'urgence sont les suivants (116, 117) :

- pénurie de services de secours et de personnel qualifié ;
- insécurité des moyens de transport vers les services d'urgence ;
- longueur des délais entre le moment de l'accident et l'arrivée à l'hôpital ;
- services d'orientation des malades inappropriés ;
- absence d'un système de triage.

La présence de services de réadaptation accessibles et de qualité est également un facteur important pour un bon rétablissement des enfants après un accident de la route. Là encore, de tels services risquent d'être en nombre insuffisant dans de nombreux pays en raison d'une pénurie de personnel de réadaptation, des carences de l'infrastructure et de l'absence de directives et de protocoles pour la réadaptation.

Interventions

Au cours de ces dix dernières années, on a beaucoup écrit sur le meilleur moyen de réduire la fréquence des traumatismes dus aux accidents de la circulation. Le *Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation* décrit les interventions éprouvées et formule six recommandations pour prévenir ces traumatismes à l'échelon national (1). Les auteurs préconisent une approche systémique et leurs recommandations s'appliquent tout aussi bien à la prévention des accidents de la circulation dont sont victimes des enfants. Certaines interventions sont toutefois spécialement axées sur les enfants.

L'approche systémique est particulièrement utile pour la sécurité routière des enfants car elle se fonde, non plus sur l'idée que les enfants doivent adapter leur comportement en fonction de la circulation, mais sur la reconnaissance du fait que l'on doit tenir compte des besoins de l'enfant dans la conception et la gestion de l'ensemble du système routier.

Le meilleur moyen d'améliorer la sécurité des enfants est une approche holistique associant des mesures qui visent à modifier le comportement de tous les usagers de la route, à améliorer l'environnement routier et à concevoir des véhicules protégeant mieux à la fois leurs occupants et les personnes vulnérables au dehors (27).

Les sections ci-après portent sur les interventions qui ciblent les jeunes usagers de la route.

Mesures techniques

Pour créer un environnement sans danger pour les enfants, il faut donner la priorité à l'aménagement d'espaces où ceux-ci puissent marcher et faire de la bicyclette, et ne pas traiter ce problème de façon accessoire après avoir conçu les voies de circulation des véhicules à moteur. Les itinéraires que les enfants sont susceptibles d'emprunter sur le chemin de l'école, des aires de jeux et des commerces et leur intégration dans un réseau logique, cohérent et sûr pour les piétons et les cyclistes doivent être pris en considération (118). On doit prêter une plus grande attention à la manière dont le bâti environnant peut favoriser une pratique saine et sans

danger de la marche et de la bicyclette, tout en cherchant à mettre en place un système de transports publics viable.

Réduction de la vitesse

La politique Vision Zéro en Suède et le programme de sécurité durable aux Pays-Bas préconisent la conception de routes et l'adoption de limitations de vitesse appropriées, eu égard à la fonction des voies projetées (119, 120). Les taux de survie des piétons et des cyclistes sont beaucoup plus élevés en cas de choc à des vitesses inférieures à 30 km/h (1). Cette vitesse devrait être la norme dans les quartiers résidentiels et autour des écoles. Parmi les diverses mesures propres à imposer des limites de vitesse appropriées (26), on peut mentionner :

- les mesures de ralentissement de la circulation par des dispositifs techniques intégrés à l'infrastructure, tels que :
 - les dos d'âne;
 - les mini-carrefours giratoires;
 - les passages pour piétons signalés;
 - les îlots ou refuges pour piétons;
- les modifications visuelles – par exemple, le traitement du revêtement de surface et l'amélioration de l'éclairage des routes;
- la redistribution du trafic – blocage de routes et mise en sens unique des rues situées aux abords des écoles.

Dans les zones où les limites de vitesse sont plus élevées, des mesures doivent être prises pour séparer les piétons et les cyclistes du reste de la circulation en mettant en place des carrefours à voie unique, des trottoirs, ainsi que des feux de circulation et des îlots ou refuges pour piétons, et pour accroître la sécurité en améliorant l'éclairage des voies publiques (121).

Dans de nombreux pays à bas ou moyen revenu, la régulation de la vitesse pose un problème et l'efficacité de nombreuses mesures infrastructurelles proposées dans les pays à haut revenu n'y a pas encore été démontrée (122, 123). Certaines mesures de réduction de la vitesse se sont cependant révélées abordables et viables en zone urbaine, comme le montre le succès des dos d'âne installés au Ghana (124). Ce qui pose problème, c'est la protection des usagers de la route vulnérables, en particulier les enfants, sur les routes rurales dont bon nombre sont dépourvues d'équipements infrastructurels essentiels.

Aires de jeux sécurisées

Les enfants doivent avoir accès à des aires sécurisées où ils puissent jouer et prendre de l'exercice. Sinon, ils seront tentés de jouer dans la rue. Les aires de jeux doivent être sûres, bien entretenues et aménagées de manière à intéresser les enfants. La conception d'aires de jeux sécurisées doit être intégrée à la planification urbaine et à la construction d'installations scolaires et de complexes résidentiels. En République dominicaine, l'UNICEF travaille avec les administrations locales à l'aménagement d'aires de jeux sûres, dans le cadre du programme « Villes amies des enfants ». En collaboration avec des enfants et des adolescents, une équipe d'architectes a planifié des parcs où les enfants peuvent jouer en toute sécurité (125).

Sécurité sur le chemin de l'école

De nombreux efforts ont été consacrés à la conception des voies d'accès aux écoles, en particulier celles qu'empruntent les écoliers du primaire. Parmi les mesures prises, figurent l'utilisation de cars scolaires et les incitations à se rendre à l'école à pied, conformément au concept du « bus pédestre ». Dans ce dernier cas, des adultes bénévoles accompagnent des groupes d'enfants qui empruntent des voies sûres pour se rendre à l'école à pied en portant des vestes bien visibles, éventuellement fluorescentes. Le bus pédestre enseigne aux enfants comment marcher en toute sécurité et les bienfaits de la marche pour leur santé. Il permet également de réduire l'engorgement des voies de circulation et la pollution, notamment aux abords des écoles (126). Si cette mesure a été adoptée dans un certain nombre de pays développés ou en développement et comporte des avantages sanitaires et sociaux évidents (127), son efficacité dans la réduction des traumatismes dus aux accidents de la circulation chez l'enfant n'a pas encore été évaluée.

Dans des pays à haut revenu, certaines écoles ont recruté un « coordonnateur des déplacements scolaires » qui donne aux enseignants et aux parents des conseils sur les itinéraires les plus sûrs. Toutefois, une étude randomisée et contrôlée menée au Royaume-Uni n'a pas permis de démontrer que l'établissement de tels itinéraires ait une influence sur le mode de déplacement des enfants (128).

De nombreux pays ont adopté des mesures de sécurité aux abords des écoles consistant à interdire la circulation automobile dans certains secteurs, à en limiter la vitesse dans d'autres et à faire surveiller les enfants par un adulte lorsqu'ils traversent la rue. En Thaïlande par exemple, on a complètement repensé les abords des écoles et des programmes d'enseignement visent à indiquer aux enfants les itinéraires les plus sûrs pour se rendre à l'école et en revenir. À Bangalore (Inde), l'accent a été mis sur l'amélioration des transports publics, l'obligation pour les automobilistes de se garer ou de stationner à une certaine distance des écoles, la mise en place d'un service de cars scolaires et de passages pour piétons à proximité de certaines écoles, parfois sous la surveillance de contractuels (129).

Voies séparées pour les deux-roues

Les enfants cyclistes doivent être séparés des autres usagers de la route par une démarcation physique comme un parapet ou une bordure ou bien par des lignes blanches (130). Au Danemark et aux Pays-Bas, où l'on trouve un grand nombre de cyclistes, il est possible de transporter un enfant sur une bicyclette à condition de prendre des précautions appropriées. Une méta-analyse des effets des pistes cyclables a montré que celles-ci permettent de réduire d'environ 4 % la fréquence des traumatismes (122).

Il est établi que des voies exclusivement réservées aux motocyclistes et séparées de la chaussée principale par un terre-plein central permettent de réduire les risques d'accident. En Malaisie, pays où l'on compte un grand nombre de jeunes motocyclistes, des réductions de 27 % des taux d'accidents ont été enregistrées depuis que les motocyclistes sont séparés du reste de la circulation (131).

Conception des véhicules

La conception des véhicules et leurs normes de fabrication contribuent à la sécurité des enfants se trouvant à l'intérieur ou à l'extérieur de ces véhicules. Les dispositifs de sécurité primaires intégrés aux véhicules en vue de prévenir un accident – par exemple, les systèmes de freinage et d'éclairage – améliorent de façon générale la sécurité routière mais ne sont pas expressément conçus pour les enfants. Cependant, certaines mesures de sécurité secondaires concernent les enfants. Il peut s'agir de mesures de sécurité actives ou passives.

- Les véhicules modernes sont dotés de *zones déformables* et d'*éléments de protection latéraux* qui absorbent les chocs et protègent l'habitacle des passagers en cas de collision, réduisant ainsi le risque de traumatisme pour les enfants (1).
- Le *remodelage de la partie frontale des automobiles* peut atténuer les blessures subies par les piétons, les enfants en particulier, car ceux-ci sont exposés à un risque de traumatisme crânien lors de l'impact (1). Les programmes d'évaluation des nouveaux véhicules automobiles en Europe, aux États-Unis et en Australie attribuent une note pour la protection des piétons et la plupart des véhicules testés ont sur ce plan des résultats médiocres. D'ici 2010, une nouvelle directive européenne obligera tous les nouveaux modèles de voiture à passer un test de collision dont un volet concerne la sécurité des piétons.
- Les constructeurs de véhicules automobiles doivent contribuer à protéger les enfants en installant des points d'ancrage permettant de fixer solidement les *dispositifs de retenue* pour enfants. Les véhicules dont la conception aura été ainsi améliorée réduiront le risque d'un choc de l'enfant contre l'habitacle en cas d'accident (132).
- Les enfants courent un risque lorsqu'un véhicule fait marche arrière. La mise au point de *meilleures aides à la visibilité*, comme des caméras, et l'utilisation d'*alarmes sonores* et de *feux de recul* peut prévenir les traumatismes résultant de cette manœuvre (107).
- Les *éthylotests antidémarrage* commencent à être utilisés dans certains pays. Pour pouvoir faire démarrer son automobile, le conducteur doit souffler dans un tube. En cas de présence d'alcool dans l'organisme, l'allumage ne se fait pas. L'installation de tels dispositifs a entraîné des réductions de 40 % à 95 % des taux de récurrence des contrevenants à la législation sur l'alcool au volant (1). Ils sont donc utiles pour empêcher les adolescents de conduire en état d'ébriété.

Matériel de sécurité

Systemes de retenue pour enfant

Pour être efficaces, les systèmes de retenue pour enfant doivent être conçus en fonction du stade de développement de l'enfant. À l'instar des ceintures de sécurité, ils permettent d'arrimer l'enfant de telle manière qu'en cas de collision, le choc se répartisse sur une grande surface corporelle ce

qui réduit le risque d'un traumatisme grave. Trois types de systèmes de retenue pour enfant sont utilisés :

- Les sièges pour bébé orientés dos à la route;
- Les dispositifs de retenue pour jeunes enfants orientés face à la route;
- Les coussins ou sièges rehausseurs pour enfants plus âgés.

Ces systèmes sont conçus en fonction de la taille et des proportions du corps de l'enfant.

Les systèmes de retenue pour enfant sont très efficaces pour prévenir les décès et constituent la plus importante des mesures de sécurité pour les enfants « à l'intérieur du véhicule ». En cas d'accident, des systèmes de retenue correctement installés et utilisés peuvent :

- réduire d'environ 70 % les décès chez les nourrissons (133);
- réduire de 54 % les décès chez les jeunes enfants âgés de 1 à 4 ans (133);
- en ce qui concerne les rehausseurs, réduire de 59 %, par rapport à une ceinture de sécurité ordinaire, le risque de traumatisme cliniquement grave chez les enfants âgés de 4 à 7 ans (134).

En dépit des preuves incontestables de l'efficacité de ces dispositifs, nombreux sont les enfants qui ne sont pas placés dans des sièges d'enfant ou sur des rehausseurs adaptés à leur âge.

Dans nombre de pays à haut revenu, les taux d'utilisation des dispositifs de retenue pour enfant peuvent atteindre 90 %. Ce n'est toutefois pas le cas ailleurs. Il importe de choisir et d'installer le bon système de retenue. Même dans des pays où ces dispositifs sont répandus – comme la Suède, le Royaume-Uni et les États-Unis d'Amérique – ils sont fréquemment mal utilisés. C'est ainsi que le système utilisé peut ne pas être adapté à l'âge ou au poids de l'enfant, ou que les courroies ou le harnais risquent d'être mal fixés ou pas fixés du tout. Dans tous ces cas, l'enfant est exposé à un risque accru de traumatisme, mortel ou non (133, 134).

Dans bien des pays, l'utilisation des systèmes de retenue pour enfant est limitée pour des raisons de disponibilité ou de coût, ou peut ne pas être pratique dans une famille nombreuse. En outre, les parents doivent savoir quel type de siège choisir, où l'installer et comment. Une étude faite en Grèce a montré que 88,4 % des parents installent leurs enfants sur le siège arrière sans les attacher, et que 76,1 % de ceux qui disposent d'un système de retenue ne l'utilisent pas régulièrement (135).

Il est établi qu'un certain nombre de mesures favorisent l'utilisation des dispositifs de retenue pour enfant.

- L'adoption de lois rendant obligatoire l'utilisation de dispositifs de retenue pour enfant, si elles sont correctement appliquées, peut contribuer à réduire les taux de traumatismes graves ou mortels dus aux accidents de la circulation.
- Des campagnes de publicité peuvent mieux sensibiliser la population à la nécessité d'installer des dispositifs de retenue pour enfant adaptés à l'âge (136). Ces campagnes sont particulièrement efficaces lorsqu'elles s'accompagnent de mesures coercitives.
- Des dispositifs de retenue appropriés peuvent donner droit à des subventions ou être distribués gratuitement

aux familles. Des prêts sont disponibles dans certains pays et permettent d'acquérir plus aisément des systèmes de retenue appropriés (137, 138).

Un siège pour enfant orienté dos à la route ne doit jamais être installé en face d'un coussin gonflable (139). Des recherches récentes semblent indiquer qu'un enfant attaché avec un dispositif de retenue au milieu du siège arrière risque moins d'être blessé que s'il était à gauche ou à droite de ce siège, quoique que cette conclusion contredise les résultats d'études antérieures selon lesquels l'enfant serait moins en sécurité dans cette position centrale (140, 141). Bien que les enfants soient mieux protégés lorsqu'ils sont attachés dans des sièges adaptés à leur âge, dans les cas où ces derniers ne sont pas disponibles, il est tout de même préférable d'utiliser une ceinture de sécurité pour adulte plutôt que de laisser l'enfant sur le siège arrière sans l'attacher (142, 143).

Ceintures de sécurité

Pour les enfants de plus de dix ans, ou d'une taille supérieure à 150 cm, il convient d'utiliser une ceinture de sécurité ordinaire. Comme les dispositifs de retenue pour enfant, les ceintures de sécurité permettent d'éviter que l'enfant ne heurte la carrosserie du véhicule ou ne soit éjecté du véhicule en cas d'accident et répartissent l'impact de la collision sur les parties les plus solides du corps.

Le port de la ceinture de sécurité réduit de 40 à 65% le risque d'être éjecté d'un véhicule et de subir un traumatisme grave ou mortel (144). Or, les taux d'utilisation de la ceinture de sécurité varient considérablement d'un pays à l'autre, principalement parce que les lois régissant le port de cette ceinture ne sont pas toutes appliquées avec la même rigueur (1). En règle générale, le taux d'utilisation de la ceinture de sécurité chez les conducteurs et passagers adolescents est nettement inférieur à celui des occupants plus âgés (29).

Comme dans le cas des dispositifs de retenue pour enfant, les mesures suivantes favorisent le port de la ceinture de sécurité :

- adoption et application d'une loi rendant obligatoire le port de la ceinture de sécurité;
- obligation d'équiper tous les véhicules de ceintures de sécurité appropriées;
- campagnes visant à sensibiliser la population au port de la ceinture de sécurité et axées sur les jeunes.

De telles mesures permettent de mieux faire connaître les avantages de la ceinture de sécurité afin que son utilisation devienne un must chez les jeunes.

Casques de vélo

Le cerveau d'un enfant est particulièrement vulnérable aux traumatismes. Les deux tiers environ des cyclistes admis à l'hôpital souffrent d'un traumatisme crânien et ce type de lésion est responsable des trois quarts des décès de cyclistes blessés dans un accident (64).

Les casques de vélo offrent une protection contre les traumatismes crâniens en cas d'accident de la circulation ou de chute. Des études cas-témoin donnent les meilleures preuves

de l'efficacité de ces casques. L'examen systématique de cinq de ces études montre que le port du casque réduit de 63 à 88 %, le risque de traumatisme crânien et de commotion cérébrale grave chez les cyclistes de tous âges (64). Le port du casque est particulièrement important pour les grands enfants qui sont davantage exposés aux dangers de la circulation. Les casques doivent être conçus en fonction de l'âge de l'enfant et, lorsqu'ils achètent un casque, les parents doivent s'assurer qu'il est de la bonne taille et s'adapte bien à la tête de l'enfant (encadré 2.3).

Un certain nombre de mesures se sont révélées efficaces pour favoriser le port du casque de vélo chez les enfants, et notamment :

- les lois imposant le port du casque de vélo et leur application;
- la promotion du port du casque de vélo auprès des enfants;
- les campagnes de sensibilisation du public.

Si la question du port du casque par les cyclistes adultes est controversée (26), dans le cas des enfants dont les capacités motrices de base sont encore en formation, elle suscite généralement moins de réticences. Aux Pays-Bas, par exemple, l'environnement routier a été modifié pour assurer la sécurité des cyclistes. Bien qu'aucune loi n'y prescrive le port du casque de vélo, les données relatives aux accidents dans ce pays montrent que les 4 – 8 ans risquent particulièrement d'être victimes d'un accident de bicyclette et de subir des traumatismes crâniens de sorte que le port du casque par les enfants est fortement recommandé (145). Si certains pays, comme l'Australie et les Etats-Unis d'Amérique, ont adopté et appliqué des lois rendant obligatoire le port du casque pour tous les cyclistes, d'autres ont opté pour des lois prescrivant le port du casque pour les enfants jusqu'à un certain âge (27). Les données sur la situation avant et après l'adoption de ces lois montrent une augmentation du port du casque – ce qui permet de penser que cette stratégie peut entraîner une réduction des taux de traumatismes crâniens (27).

Casques de moto

Dans la plupart des pays à haut revenu, on voit rarement de jeunes enfants sur le siège arrière d'une moto. Mais dans de nombreuses autres régions, notamment dans certaines parties de l'Asie du Sud-Est, il est courant de voir des enfants transportés comme passagers sur des deux-roues motorisés. Il est donc important de les protéger en veillant à ce qu'ils portent un casque approprié (encadré 2.3).

Comme on l'a mentionné plus haut, le casque réduit le risque de traumatisme crânien ou cérébral grave en atténuant l'impact d'un choc sur la tête. Le port du casque est le moyen le plus efficace de prévenir les traumatismes crâniens et les décès dus à un accident de motocyclette (26).

Le port d'un casque de moto permet (70) :

- de réduire d'environ 72 % le risque de traumatismes et leur gravité;
- de réduire le risque de décès dans une proportion atteignant 39 %, selon la vitesse du véhicule accidenté;
- de limiter les coûts des soins aux personnes accidentées.

Faire porter le casque par les enfants : l'expérience du Viet Nam

Depuis 1999, la Fondation asiatique pour la prévention des traumatismes à Hanoi s'emploie à convaincre davantage de motocyclistes vietnamiens de porter un casque afin de réduire ainsi les taux de traumatismes dus à des accidents de la route chez les enfants. Elle organise des campagnes de sensibilisation, exerce des pressions sur le Gouvernement, aide à élaborer des normes pour les casques destinés aux adultes et aux enfants, distribue des casques pour enfants avec leur mode d'emploi et pousse à augmenter la production de casques.

À la fin de 2007, le gouvernement vietnamien a adopté une loi rendant le port du casque obligatoire pour les motocyclistes et leurs passagers. Après l'adoption de la loi, le port du casque a augmenté de plus de 90 %. Parallèlement, les hôpitaux ont commencé à signaler une réduction du nombre de décès et de lésions cérébrales dus à des accidents de moto.

Bientôt, cependant, quelques problèmes ont surgi. Certains ont fait remarquer que si la nouvelle loi exigeait le port des casques pour les enfants de moins de 14 ans, aucune disposition ne sanctionnait les conducteurs de motocyclette qui transportaient des enfants ne portant pas de casque. En outre, certains médecins se sont publiquement demandés si le casque ne risquait pas d'avoir un effet négatif sur le développement du crâne de l'enfant, estimant que le poids d'un casque pouvait entraîner de graves blessures du cou chez les enfants accidentés. En conséquence, les parents ont été moins tentés de faire porter un casque par leurs enfants.

Alors que la proportion de motocyclistes adultes utilisant un casque de moto se maintenait au-dessus de 90 %, le port du casque chez les enfants de moins de sept ans a chuté entre 10 % et 25 % dans les grandes villes. Lorsqu'on a demandé aux parents pourquoi leurs enfants ne portaient pas de casques, la plupart d'entre eux ont mentionné le risque d'une grave lésion cervicale.

On s'attache actuellement à régler ce problème en adoptant des mesures comprenant :

- une éducation du public sur la vérité concernant les enfants et le port du casque, y compris la publication dans la presse d'assurances signées par des experts internationaux;
- une collaboration avec le Gouvernement en vue de supprimer les lacunes de la législation permettant aux conducteurs de ne pas être pénalisés lorsqu'ils transportent des enfants sans casque;
- des études plus poussées sur les normes applicables aux casques pour enfants.



© AIPF

Un certain nombre de facteurs font obstacle au port du casque par les enfants passagers d'une motocyclette.

- Les passagers d'une moto peuvent ne pas être visés par les lois rendant obligatoire le port du casque ou ne pas avoir à payer d'amende.
- Il peut être impossible de se procurer des casques réglementaires pour enfants.
- Le prix des casques pour enfant peut être prohibitif. Certaines études montrent que dans certains pays à bas revenu, les travailleurs doivent travailler 11 fois plus longtemps que ceux des pays à haut revenu pour se procurer un tel casque (146).
- Le goût du risque chez les adolescents en moto peut entraîner un refus de porter le casque. Selon une étude réalisée au Brésil, le port du casque est beaucoup moins répandu chez les jeunes de moins de 18 ans que chez les conducteurs plus âgés, en particulier lorsque ces jeunes ont consommé de l'alcool (147).

Visibilité

Par visibilité, on entend la mesure dans laquelle un usager de la route peut être vu par les autres usagers. Les usagers vulnérables courent un risque accru de traumatisme si les autres usagers ne les voient pas à temps pour les éviter et prévenir ainsi un accident. Du fait de leur petite taille qui

les rend moins visibles, les enfants courent donc plus de risques de ne pas être vus par les automobilistes.

L'un des moyens de réduire le risque d'accident de la circulation consiste à améliorer la visibilité des usagers de la route non motorisés car il donne aux conducteurs plus de temps pour les repérer et éviter une collision. Voici quelques mesures propres à accroître la visibilité.

- Le port de vêtements rétro réfléchissants ou l'apposition de bandes rétro réfléchissantes sur les sacs à dos peut rendre les piétons et les cyclistes plus visibles. Si cette intervention améliore incontestablement la visibilité, son effet réel sur la réduction des traumatismes n'a pas encore été évalué (148). Toutefois, certains programmes basés sur cette technique commencent à donner des résultats prometteurs (149–151).
- L'allumage de jour des phares de motocyclette (phares diurnes) s'est révélé efficace pour réduire les décès dans certains pays, notamment en Malaisie et à Singapour, où l'on compte un grand nombre de motocyclistes (152, 153).
- La couleur du casque semble avoir une incidence sur la visibilité des motocyclistes. Selon une étude cas-témoins réalisée en Nouvelle-Zélande, les vêtements rétro réfléchissants ou fluorescents, les casques blancs et les phares diurnes sont tous des moyens efficaces de réduire le risque d'accident (154).

Législation et normes

La promulgation et l'application rigoureuse de règlements sur la sécurité routière peuvent prévenir jusqu'à la moitié de tous les décès et traumatismes graves (155). Comme pour toutes les autres interventions axées sur la sécurité routière, la plupart des textes de lois visant à prévenir les traumatismes dus aux accidents de la circulation dans la population générale permettent également de réduire l'incidence de ces traumatismes chez les enfants. Certains d'entre eux visent toutefois expressément les enfants et les jeunes.

Permis de conduire pour véhicules automobiles

Dans la plupart des pays, l'âge minimum pour l'obtention d'un permis de conduire sans accompagnement est fixé à 18 ans; dans d'autres il n'est toutefois que de 16 ans (1). Il existe des systèmes de délivrance des permis de conduire qui permettent de réguler le flux de nouveaux

conducteurs et de contrôler les conditions dans lesquelles ils apprennent à conduire. Ces systèmes comportent à la fois un test théorique et une épreuve de conduite pratique se déroulant habituellement de jour et dans des conditions de circulation normales. L'épreuve de conduite vise à vérifier que les nouveaux conducteurs satisfont à certaines normes de performance et à déceler ceux qui sont inaptes à la conduite (122).

Les conducteurs débutants sont surreprésentés dans les statistiques d'accidents. Par conséquent, nombre de pays ont été progressivement amenés à adopter des systèmes de permis de conduire gradués qui imposent des restrictions aux nouveaux conducteurs, généralement au cours des deux premières années de conduite (voir l'encadré 2.4). Outre ces restrictions, ce système prévoit pour les jeunes conducteurs une plus longue période de conduite accompagnée – mesure qui s'est révélée efficace pour la prévention des accidents (53).

ENCADRÉ 2.4

Programmes de délivrance de permis de conduire gradués

Les conducteurs débutants de tous âges sont encore peu aptes à bien conduire et à reconnaître tous les dangers possibles, et sont donc exposés à un risque accru d'accident. Dans le cas des adolescents ayant récemment obtenu leur permis de conduire, leur manque de maturité et leur expérience limitée de la conduite font que les taux d'accidents sont, dans cette catégorie d'âge, proportionnellement plus élevés que dans les autres. Les systèmes de permis gradués permettent une délivrance progressive et contrôlée du permis de conduire normal aux jeunes conducteurs novices. Ce processus graduel protège les débutants pendant leur apprentissage, en leur permettant d'acquérir une expérience de la route dans des conditions de risque limité. La délivrance de permis de conduire gradués est largement utilisée dans de nombreux pays à haut revenu. Les systèmes varient d'un pays à l'autre, mais la plupart comportent trois étapes.

- Étape 1 : période d'apprentissage prolongée. Le but de cette étape est d'augmenter l'expérience de la conduite accompagnée avant la délivrance d'un permis normal.
- Étape 2 : délivrance d'un permis provisoire ou d'un certificat intermédiaire. Un tel permis comporte des restrictions temporaires concernant la conduite non accompagnée, la conduite de nuit et la conduite avec de jeunes passagers.
- Étape 3 : délivrance d'un permis normal.

Dans de nombreux pays, le passage d'une étape à une autre nécessite un certain nombre d'heures de conduite accompagnée. Il peut également y avoir des dispositions imposant une certaine proportion d'heures de conduite de nuit.

Les restrictions et obligations généralement imposées par les systèmes de permis gradués sont les suivantes.

- *Restrictions relatives à l'alcool.* Les taux d'alcoolémie autorisés vont de zéro dans certains pays à des taux légèrement inférieurs à ceux imposés aux conducteurs expérimentés, par exemple 0,02 g/dl contre 0,05 g/dl pour les conducteurs avec permis normal.
- *Restrictions concernant le nombre de passagers.* Au cours de la première étape, la plupart des systèmes de permis gradués n'autorisent pas de passagers dans le véhicule du conducteur débutant. Dans la deuxième étape, des passagers sont généralement autorisés, mais seulement si un parent ou un accompagnant est également présent pendant les trois premiers mois, après quoi seuls les membres de la proche famille peuvent être passagers.
- *Port de la ceinture.* Presque tous les systèmes de permis gradués exigent que les conducteurs et les autres occupants portent la ceinture de sécurité.
- *Vitesse.* Dans certains pays, les conducteurs n'ayant pas dépassé l'étape de l'apprentissage n'ont pas le droit de circuler sur une route où la vitesse autorisée dépasse 80 km/h.
- *Restrictions relatives à la conduite de nuit.* Au cours de la première étape, les conducteurs n'ont pas le droit dans certains pays de conduire entre minuit et 5 heures du matin.
- *Utilisation de téléphones cellulaires.* Un certain nombre de pays ont récemment prévu des restrictions concernant l'utilisation des téléphones cellulaires, même ceux dotés de kits « mains libres ».

Les évaluations des systèmes de permis gradués font état d'une réduction importante des accidents et des décès. Leur efficacité oscille entre 4 % et 60 %, ce qui est dû à des différences entre les systèmes, entre les âges des conducteurs et entre les méthodes d'évaluation utilisées (163, 164). Des données récentes en provenance des États-Unis d'Amérique indiquent une réduction de 23 % des accidents sur 10 ans chez les adolescents âgés de 16 ans, et des réductions encore plus importantes pour la conduite de nuit et la conduite avec passagers. La disposition la plus efficace dans les systèmes de permis gradués semble être le prolongement de l'étape 1, qui est celle de l'apprentissage, ce qui revient à retarder la conduite non accompagnée (165).



© Utah Safety Council

Permis de conduire pour deux-roues à moteur

Dans bien des pays, les enfants de plus de 14 ans peuvent conduire des vélomoteurs légers dont la vitesse maximale ne dépasse pas 25 km/h; pour conduire des deux-roues à moteur plus puissants, d'une vitesse maximale de 45 km/h, et des motocyclettes, il faut attendre d'avoir 16 ans. Le relèvement de la limite d'âge de 16 à 18 ans pour les conducteurs de tous les types de deux-roues motorisés est un moyen efficace de réduire le nombre de victimes d'accidents de la route (156, 157).

Législation sur l'alcool au volant

Diverses méthodes ont été adoptées pour éviter que les jeunes conducteurs ne prennent le volant quand ils sont en état d'ébriété, notamment :

- *L'abaissement du taux d'alcoolémie* pour les jeunes conducteurs. Le risque d'accident chez un jeune adulte inexpérimenté commence à augmenter lorsque son taux d'alcoolémie atteint un niveau nettement inférieur à celui qui produit le même effet chez un conducteur plus âgé. C'est pourquoi de nombreux pays ont abaissé le taux d'alcoolémie – situé d'ordinaire entre zéro et 0,02 g/l – pour les conducteurs de moins de 21 ans. Cette mesure peut entraîner une réduction de la fréquence des accidents impliquant de jeunes conducteurs ou des conducteurs débutants allant de 4 % à 24 % (158).
- *Application systématique des taux d'alcoolémie.* L'efficacité de la législation dépend d'une application rigoureuse de ses dispositions. Pour obtenir un tel résultat, il existe deux grandes méthodes.
 - Le contrôle de la sobriété par des alcootests sélectifs. Des conducteurs sont arrêtés à des postes de contrôle ou barrages routiers et seuls ceux dont on soupçonne que leur taux d'alcoolémie dépasse la limite fixée subissent le test. Il a été montré que cette approche réduit d'environ 20 % le nombre d'accidents associés à la consommation d'alcool (159).
 - Les alcootests aléatoires. Des conducteurs pris au hasard sont arrêtés et soumis à l'alcootest. Cette stratégie utilisée en Australie, en Nouvelle-Zélande et dans certains pays d'Europe donne d'excellents résultats (160). Selon une étude australienne, l'alcootest aléatoire est deux fois plus efficace que les tests sélectifs effectués à des postes de contrôle (161).
- *Relèvement de l'âge légal pour la consommation d'alcool.* Les législations sur l'alcool et les mineurs fixent un âge en dessous duquel il est illégal d'acheter des boissons alcoolisées ou de les consommer en public. Elles peuvent également sanctionner la possession ou la consommation d'alcool par des personnes n'ayant pas l'âge requis. Selon des données recueillies aux États-Unis d'Amérique où, depuis quelques années, l'âge légal pour la consommation d'alcool est fixé à 21 ans dans tous les états, cette législation a permis de réduire la consommation d'alcool, la conduite en état d'ébriété

et les accidents et traumatismes associés à l'alcool chez les jeunes (158, 162). Cependant, dans bien des endroits, l'application de la loi n'est pas très rigoureuse.

Dispositifs de retenue pour enfants

L'adoption de lois rendant obligatoire l'utilisation de dispositifs de retenue pour enfant et leur application systématique favorisent l'utilisation de ces dispositifs qui, selon certaines études, sont à l'origine d'une diminution des décès et des traumatismes dus à des accidents de la route chez l'enfant. Dans certains pays, un système de points de pénalité a été mis en place pour inciter la population à observer cette législation. En Lettonie, la loi régissant l'utilisation de sièges pour enfants a été révisée en 2006 pour que les infractions soient sanctionnées par des points de pénalité.

L'efficacité d'une telle législation dépend toutefois d'une bonne utilisation des dispositifs de retenue pour enfant. Au Japon, les auteurs d'une étude ont tenté d'évaluer l'incidence sur les traumatismes subis par les enfants, de la loi imposant l'utilisation de dispositifs de retenue pour enfant. Or, si l'utilisation de ces dispositifs s'est accrue, les taux d'accidents mortels et de traumatismes graves chez les enfants de 1 à 5 ans n'ont pas changé après l'adoption de la loi, ce qui est peut-être dû à une mauvaise utilisation des dispositifs en question (166).

Casques

L'adoption d'une législation obligeant les utilisateurs de vélomoteurs et de motocyclettes à porter un casque et son application systématique sont une mesure d'intervention efficace, surtout si elles s'appuient sur une campagne de sensibilisation de l'opinion. Dans les pays où ces lois sont appliquées, on constate que les taux de port du casque ont augmenté pour atteindre 90 % ou davantage, mais là où de telles lois ont été abrogées, ces taux sont redescendus en général au-dessous de 60 % (26). Il faut aussi définir des normes pour ces casques de sécurité et les appliquer, y compris des dispositions particulières concernant les casques pour enfant. Dans certains pays, comme en Malaisie, on a déjà élargi les normes afin de les étendre à des casques spécialement conçus pour les enfants (26, 152).

Amélioration de l'éducation et des compétences

L'éducation peut améliorer les compétences, les comportements et les attitudes. Un examen systématique des effets d'une formation à la sécurité routière destinée aux piétons fait apparaître une amélioration des comportements et des attitudes qui prédisposent à la prise de risques mais aucune diminution des traumatismes (167). Il faudrait que les enfants ayant changé d'attitude à la suite de ces démarches éducatives fassent l'objet d'études longitudinales de suivi pour que l'on puisse déterminer s'ils sont moins exposés à un risque de traumatisme (168), mais de telles études sont longues et coûteuses.

Une formation à la sécurité routière a toujours été dispensée à l'école et a souvent consisté à enseigner aux

enfants les règles de base du code de la route. Toutefois, les programmes de formation omettent généralement d'appliquer les idées modernes en matière d'éducation et de modification des comportements. Depuis quelque temps, les spécialistes des sciences sociales travaillant dans le domaine de la prévention des traumatismes adoptent de plus en plus une approche écologique basée sur une interaction entre le développement de l'enfant, la théorie de l'éducation et la théorie comportementale (169).

Jeunes enfants

Les recherches actuelles sur la formation à la sécurité routière permettent de penser qu'une approche mettant l'accent sur le comportement et axée sur le développement des compétences pratiques a plus de chances d'être efficace avec les jeunes enfants. Les meilleures méthodes d'apprentissage sont celles qui permettent aux enfants de perfectionner leurs aptitudes à résoudre des problèmes et à prendre des décisions. Les jeunes enfants apprennent aussi par l'exemple.

Quoi qu'il en soit, la formation est un volet important de tout effort général de prévention des traumatismes. Voici quelques exemples d'approches éducatives efficaces.

- *Les programmes de sécurité routière* pour les 6–8 ans. On peut citer à cet égard le programme pilote Kerbcraft du Royaume-Uni qui inculque certaines compétences de base, par exemple comment repérer l'endroit où l'on peut traverser la rue en toute sécurité, comment traverser sans risque à proximité de véhicules en stationnement et comment traverser à un carrefour dans de bonnes conditions de sécurité (170).
- *Les environnements simulés* qui permettent d'enseigner aux piétons et aux cyclistes les compétences de base dans un environnement sûr hors de la voie publique. À titre d'exemples on peut citer les programmes « *Safety City* » à New York et Porto Rico et les jardins de circulation aménagés aux Pays-Bas. Ces programmes doivent s'insérer dans un processus évolutif car ils ne prévoient pas d'interaction réelle avec la circulation.
- *L'enseignement des compétences de base du cycliste*. Ce programme peut se dérouler à la fois sur la route et hors route. Le programme de formation des cyclistes de l'Oregon comprend dix modules, dont la moitié sont enseignés sur la voie publique. Si ces programmes développent les compétences, on ne dispose pas de données sur la mesure dans laquelle il permet de prévenir les traumatismes (171).
- La *visibilité* est un sujet abordé dans bon nombre de programmes de formation des piétons. En Norvège, pour rendre les enfants plus visibles, notamment les sombres soirs d'hiver, on leur fait porter des casquettes, des vestes ou des sacs de couleur voyante munis de bandes rétro réfléchissantes. En Afrique du Sud, la campagne « *Drive Alive Pedestrian Visibility* », axée sur l'éducation du public, a réclamé l'adoption de lois rendant obligatoire l'apposition de bandes rétro réfléchissantes sur tous les uniformes scolaires pour que les enfants piétons soient plus visibles (149).

Adolescents

Arrivés au stade de l'adolescence, les enfants devraient maîtriser les compétences requises pour marcher ou faire du vélo en toute sécurité, même si certains d'entre eux choisissent de prendre des risques. Il est difficile d'atteindre ce groupe d'âge par le biais de l'éducation et certaines méthodes risquent même d'être contreproductives. Il serait peut-être utile d'associer davantage les adolescents à la conception de ces programmes (172) et d'avoir recours à des émissions de télévision, comme « *Soul City* » (173, 174), à des spectacles, à des jeux et à la formation par les pairs.

Jeunes conducteurs

L'efficacité de la formation à la conduite automobile en milieu scolaire est depuis longtemps un sujet de controverse (139). Des essais contrôlés et randomisés qui ont eu lieu en 1999 (175) et ceux qu'a effectués le *Cochrane Injuries Group* en 2001 (176), montrent que la formation à la conduite automobile n'a pas contribué à réduire le nombre d'accidents de la circulation ou d'infractions au code de la route chez les étudiants. Bien au contraire, un programme de formation à la conduite automobile peut pousser à prendre le volant à un âge plus précoce, d'où une augmentation du nombre d'accidents (139) ce qui réduit à néant les avantages pouvant découler de ces programmes. Un essai randomisé plus récent portant sur une formation à la conduite donnée après l'obtention du permis pour éviter les accidents n'a pu démontrer son efficacité (177).

Soins d'urgence et services de traumatologie

La plupart des initiatives visant à réduire la fréquence des traumatismes dus aux accidents de la circulation sont axées sur la prévention des accidents et la limitation de leurs conséquences. Toutefois, on peut largement contribuer à réduire le nombre des décès et lésions dus à des accidents de la circulation en renforçant les services médicaux d'urgence, y compris les soins préhospitaliers, les soins hospitaliers et les services de réadaptation.

Soins préhospitaliers

Sur la scène d'un accident, des soins préhospitaliers rapides, efficaces et efficaces peuvent sauver de nombreuses vies. Lorsqu'il existe des services médicaux d'urgence bien organisés comprenant en général des transports en ambulance, ils sont encore plus efficaces lorsque leur matériel, la formation de leur personnel, leur infrastructure et leurs opérations sont normalisés. Les véhicules des secouristes doivent être équipés de fournitures et appareils médicaux - sondes pour l'intubation des voies aériennes, colliers cervicaux (minerves), tensiomètres à brassard, etc.- aussi bien pour les enfants que pour les adultes. Le personnel doit avoir été formé de manière à pouvoir évaluer l'état des enfants victimes d'un traumatisme, les soigner et reconnaître que ce qui est normal chez un adulte ne l'est pas nécessairement chez un enfant. En l'absence d'un

service de soins préhospitaliers, on doit créer ce premier niveau indispensable du système de santé en enseignant à des bénévoles les rudiments des premiers soins (178). Dans de nombreux pays, des organismes comme la Fédération internationale des sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant Rouge et l'Ambulance Saint-Jean apprennent à des jeunes à reconnaître une urgence, à demander de l'aide et à dispenser les premiers soins de base jusqu'à l'arrivée d'un personnel médical qualifié.

Il peut être utile de mettre en place un nouveau service médical d'urgence, en particulier le long de routes très accidentogènes. Toutefois, un tel service est onéreux. Dans tous les cas, et surtout en l'absence de services médicaux d'urgence, il est possible d'améliorer les soins préhospitaliers en s'appuyant sur les systèmes de soins préhospitaliers et de transport existants – même informels (178).

Soins des traumatismes

L'admission à l'hôpital est la deuxième étape au cours de laquelle la vie d'un enfant blessé peut être sauvée (179). La réorganisation des services de traumatologie est une façon rentable et viable d'améliorer la qualité et les issues de ces soins. À cet effet, il faut relever le niveau des ressources humaines nécessaires pour dispenser ces soins – sur les plans des compétences, de la formation et des effectifs – et des ressources matérielles, y compris l'équipement et les fournitures. Les éléments indispensables à la prestation des soins de traumatologie n'ont pas à être coûteux, mais le coût des soins en limite souvent l'accessibilité, surtout lorsqu'une contribution du patient (ticket modérateur) doit être acquittée à l'avance dans les situations d'urgence.

Réadaptation

De nombreuses personnes ayant survécu à un accident de la circulation doivent vivre avec un handicap. L'amélioration des services de réadaptation, portant à la fois sur les prestations des structures de soins et sur l'accès à une réadaptation communautaire, permettrait d'éviter une bonne partie de ces handicaps, notamment chez les jeunes. Ces services de réadaptation doivent être renforcés partout afin de réduire la prévalence des handicaps à la suite d'un traumatisme et d'aider les personnes atteintes d'un handicap permanent à mener pleinement une vie constructive.

Interventions potentiellement nocives

Les coussins gonflables qui se déclenchent en cas de brusque décélération sont conçus pour compléter et non remplacer la protection conférée par la ceinture de sécurité. En dépit de leurs avantages indéniables pour les adultes, les coussins gonflables exposent les enfants à un grave danger. Les données dont on dispose montrent qu'en règle générale, les enfants de moins de 13 ans risquent plus d'être blessés par un coussin gonflable que d'en tirer un quelconque avantage. Les enfants ne doivent pas s'asseoir sur le siège avant d'automobiles dotées de coussins gonflables, à moins

qu'ils ne puissent absolument pas faire autrement ou que le coussin gonflable soit désactivé (180). Dans la plupart des pays à haut revenu, on signale aux parents les dangers que les coussins gonflables font courir aux enfants ainsi que les endroits où ceux-ci peuvent s'asseoir dans des véhicules équipés de tels coussins. Un siège de sécurité pour enfant orienté dos à la route ne doit jamais être installé devant un coussin gonflable (139). Actuellement, les recherches portent sur la mise au point de nouvelles méthodes techniques permettant de détecter la présence d'un enfant et d'ajuster le déploiement d'un coussin gonflable ou de le désactiver. De nouveaux modèles de coussins gonflables ont permis de réduire le nombre de traumatismes subis par les enfants, sans les éliminer complètement, mais ne présentent aucun avantage additionnel pour les adultes (181).

Évaluation des interventions

Il n'existe pas de modèle unique de sécurité routière. Nombre d'interventions examinées dans le présent chapitre n'ont été évaluées que dans des pays à haut revenu. Il est fort possible qu'elles soient également efficaces dans les pays à bas ou moyen revenu, mais il reste à démontrer qu'elles y seraient réalisables, acceptables et efficaces. Si certains pays ont commencé à appliquer et à évaluer des interventions concernant la sécurité routière en général, rares sont ceux qui ont évalué de telles interventions conçues expressément pour les enfants et encore plus rares ceux qui ont étudié leur rapport coût-efficacité. D'autres évaluations sont nécessaires pour recueillir des données irréfutables qui puissent persuader les décideurs d'accorder la priorité à la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation, notamment chez l'enfant.

Conclusion et recommandations

On estime qu'environ 10 millions d'enfants sont victimes, chaque année, d'un traumatisme ou d'un handicap résultant d'un accident de la route. Les traumatismes dus aux accidents de la circulation sont la principale cause de décès chez les enfants de 10 à 19 ans ainsi que la principale cause de handicap chez les enfants en général. Au cours des quinze prochaines années, on prévoit une augmentation considérable des accidents de la route, surtout dans les pays à bas ou moyen revenu. En Inde et en Chine en particulier, on s'attend à ce que pendant cette période, au moins deux fois plus de personnes perdent chaque année la vie sur les routes.

Dans la plupart des cas, les enfants ne sont pas pris en considération lorsque l'on aménage l'environnement routier. Dès lors, ils courent davantage de risques que cela n'est nécessaire. Dans bien des pays, les progrès de la motorisation et de l'urbanisation provoquent un accroissement de la mortalité due aux accidents de la circulation.

La petite taille de l'enfant et ses autres caractéristiques physiques moins développées que chez l'adulte, notamment ses capacités sensorielles, le rendent plus vulnérable aux

TABLEAU 2.3

Stratégies clés pour prévenir les traumatismes dus aux accidents de la circulation chez l'enfant

| Stratégie | Efficace | Prometteuse | Données insuffisantes | Inefficace | Nocive |
|---|----------|-------------|-----------------------|------------|--------|
| Promulgation (et application) de lois sur l'âge minimum pour la consommation d'alcool | | | | | |
| Définition (et application) d'un taux limite d'alcoolémie plus basses pour les conducteurs débutants et tolérance zéro pour les contrevenants | | | | | |
| Utilisation de dispositifs de retenue et de ceintures de sécurité appropriés | | | | | |
| Port des casques de moto et de vélo | | | | | |
| Obligation de réduire la vitesse aux abords des écoles, des zones résidentielles et des aires de jeu | | | | | |
| Séparation de différents types d'utilisateurs de la route | | | | | |
| Instauration (et application) de l'obligation d'allumer les phares de jour pour les motocyclettes | | | | | |
| Instauration de permis de conduire gradués | | | | | |
| Mise en œuvre de programmes de conducteurs désignés | | | | | |
| Augmentation de la visibilité des piétons | | | | | |
| Éducation des jeunes à l'école sur les dangers de l'alcool au volant | | | | | |
| Éducation à la conduite automobile dans les écoles | | | | | |
| Installation des bébés ou des enfants sur un siège avec un coussin gonflable | | | | | |
| Délivrance de permis aux conducteurs adolescents débutants | | | | | |

Source: références 1, 139.

traumatismes dus aux accidents de la circulation. De jeunes enfants peuvent involontairement prendre des risques sur la voie publique parce qu'ils n'ont pas les compétences voulues pour agir en toute sécurité. Les enfants plus âgés et les adolescents choisissent parfois d'adopter des comportements à risque, surtout sous la pression de leurs pairs. Les enfants issus de milieux défavorisés risquent généralement davantage d'être victimes d'un accident de la route.

Recommandations

Les mesures de sécurité routière destinées aux enfants ont toujours été largement axées sur l'éducation – car on suppose qu'il faut montrer aux enfants comment adapter leur comportement aux exigences d'une société motorisée. Cependant, si elles sont prises isolément sans une amélioration concomitante de la sécurité des véhicules et de l'environnement routier, ces mesures éducatives ne peuvent pas entraîner des réductions notables et suivies des décès et des traumatismes graves.

L'approche systémique a utilement contribué à améliorer la sécurité routière pour les enfants. Elle est fondée, non plus sur l'idée que l'enfant doit adapter son comportement à la circulation, mais sur la prise en considération de ses

besoins dans la conception et la gestion de l'ensemble du réseau routier.

D'importantes réductions du nombre de traumatismes et de décès peuvent être obtenues en adaptant des stratégies éprouvées et efficaces – de plus en plus utilisées dans les pays à haut revenu – au contexte des pays à bas ou moyen revenu où les enfants courent beaucoup plus de risques (voir le tableau 2.3). Conformément à l'approche systémique, il est recommandé d'adopter les mesures suivantes pour réduire la charge de traumatismes, de décès et de handicaps chez l'enfant due aux accidents de la route.

- *Réduction de la vitesse.* Les taux de survie des piétons et des cyclistes sont bien plus élevés lorsque la collision se produit à moins de 30 km/h. Cette vitesse doit être la norme dans les quartiers résidentiels, ainsi qu'aux abords des écoles et des aires de jeux.
- *Séparation des véhicules à deux roues.* On doit séparer physiquement les enfants cyclistes des autres usagers de la route – par exemple, en aménageant une piste cyclable. Il a été montré que la mise en place de voies réservées aux motos et séparées du reste de la circulation par un terre-plein central réduit le nombre de motards blessés sur la route, et il convient donc d'adopter cette mesure.

- *Modifications apportées aux véhicules.* Plusieurs modifications ont déjà été apportées dans de nombreux pays à haut revenu. Ce processus doit être accéléré dans ces pays et envisagé dans les pays à bas ou moyen revenu lorsque les ressources le permettent.
- *Des dispositifs de retenue pour enfants* doivent toujours être utilisés dans les automobiles. Ils comprennent des dispositifs de retenue orientés dos à la route pour les bébés, des dispositifs de retenue faisant face à la route pour les enfants plus âgés et des coussins ou sièges rehausseurs pour les enfants plus âgés.
- *Ceintures de sécurité.* Les ceintures de sécurité ordinaires doivent être utilisées lorsque l'enfant a plus de dix ans ou mesure plus de 150 cm.
- *Casques de vélo.* Les enfants qui font de la bicyclette dans la rue doivent toujours porter des casques appropriés car leur tête est encore plus vulnérable aux traumatismes que celle des adultes.
- *Casques de moto.* Le port du casque est le moyen le plus efficace de prévenir les traumatismes crâniens et les décès résultant d'accidents de moto. Tous les conducteurs et passagers d'une motocyclette, quel que soit leur âge, doivent porter des casques agréés d'une couleur bien visible et adaptés à leur tête.
- *Législation sur l'alcool au volant.* Il convient d'adopter et de faire appliquer des lois sévères sur l'alcool au volant. Voici quelques-unes des mesures qui pourraient être prises :
 - abaissement du taux limite d'alcoolémie pour les jeunes conducteurs;
 - tests de sobriété ou alcootests sélectifs;
 - alcootests aléatoires;
 - relèvement de l'âge légal pour la consommation d'alcool.
- *L'allumage de jour des phares* de motocyclettes s'est révélé efficace pour réduire les décès dans plusieurs pays et devrait être considéré comme une mesure préventive.
- *Conducteurs débutants.* Les pays doivent envisager l'adoption de systèmes de permis de conduire gradués qui imposent des restrictions aux nouveaux conducteurs pendant une période initiale (deux ans par exemple).
- *L'enseignement de connaissances et de compétences.* Particulièrement dans le cas des jeunes enfants, l'éducation est un aspect important de tout effort général de prévention des traumatismes. Parmi les mesures pouvant être prises à cet égard figurent :
 - les programmes de sécurité routière pour enfants de 6 à 8 ans;
 - l'enseignement, dans un environnement sans danger hors de la voie publique, des compétences que doivent posséder les piétons et les cyclistes;
 - l'enseignement des compétences de base des cyclistes, tant sur la route que hors de la route.

Outre les diverses mesures de prévention primaires recommandées ci-dessus, il convient d'améliorer et d'équiper les services de soins médicaux d'urgence – tant

préhospitaliers qu'hospitaliers – de même que les services de réadaptation en fonction des besoins des enfants. De surcroît, le personnel des urgences devrait être formé pour être en mesure d'évaluer l'état des enfants souffrant de traumatismes et de les prendre en charge.

Références

1. Peden M et al., eds. *World report on road traffic injury prevention*. Geneva, World Health Organization, 2004 (http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/en/index.html, accessed 22 January 2008).
2. Economic Commission for Europe. *Glossary of transport statistics*, 3rd ed. New York, NY, United Nations Economic and Social Council, 2003 (TRANS/WP.6/2003/6) (<http://www.unece.org/trans/main/wp6/pdfdocs/glossen3.pdf>, accessed 23 February 2008).
3. *World Health Statistics 2008*. Geneva, World Health Organization, 2008 (<http://www.who.int/whosis/whostat/2008/en/index.htm>, accessed 20 June 2008).
4. Mathers C, Loncar D. *Updated projections of global mortality and burden of disease, 2002–2030: data sources, methods and results*. Geneva, World Health Organization, 2005.
5. Kopits E, Cropper M. Traffic fatalities and income growth. *Accident Analysis and Prevention*, 2005, 37:169–178.
6. Vincenten J, Michalsen A. Priorities for child safety in the European Union: agenda for action. *Injury Control and Safety Promotion*, 2003, 9:1–8.
7. *WHO mortality database: tables*. Geneva, World Health Organization (<http://www.who.int/healthinfo/morttables/en/index.html>, accessed 21 April 2008).
8. Rahman A et al. *Bangladesh health and injury survey: report on children*. Dhaka, Ministry of Health and Family Welfare, 2005.
9. Sitthi-amorn C et al. *Child injury in Thailand: a report on the national injury survey*. Bangkok, Institute of Health Research, TASC and UNICEF, 2006 (<http://www.tasc-gcipf.org/downloads/Thai%20child%20report.pdf>, accessed 22 January 2008).
10. Bener A. The neglected epidemic: road traffic accidents in a developing country. State of Qatar. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 2005, 12:45–47.
11. Nizamo H et al. Mortality due to injuries in Maputo city, Mozambique. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 2006, 13:1–6.
12. Hyder AA, Labinjo M, Muzaffar SSF. A new challenge to child and adolescent survival in urban Africa: an increasing burden of road traffic injuries. *Traffic Injury Prevention*, 2006, 7:381–388.
13. Linnan M et al. *Child mortality and injury in Asia: policy and programme implications*. Florence, UNICEF Innocenti Research Centre, 2007 (http://www.unicef-irc.org/publications/pdf/iwp_2007_07.pdf, accessed 21 January 2008). (Innocenti Working Paper 2007-07, Special Series on Child Injury No. 4).

14. Brown JK et al. Patterns of severe injury in pediatric car crash victims: Crash Injury Research Engineering Network database. *Journal of Pediatric Surgery*, 2006, 41:362–367.
15. Linnan M et al. *Child mortality and injury in Asia: survey results and evidence*. Florence, UNICEF Innocenti Research Centre, 2007 (http://www.unicef-irc.org/publications/pdf/iwp_2007_06.pdf, accessed 21 January 2008). (Innocenti Working Paper 2007-06, Special Series on Child Injury No. 3).
16. Gururaj G et al. *Traumatic brain injury*. Bangalore, National Institute of Mental Health and Neurosciences, 2005 (Publication no. 61).
17. Bryant B et al. Psychological consequences of road traffic accidents for children and their mothers. *Psychological Medicine*, 2004, 4:335–346.
18. Macpherson AK et al. Mechanism of injury affects 6-month functional outcome in children hospitalized because of severe injuries. *Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, 2003, 55:454–458.
19. Blanchard E, Hickling EJ. *After the crash: psychological assessment and treatment of survivors of motor vehicle accidents*, 2nd ed. Washington, DC, American Psychological Association, 2004.
20. Sleet DA et al. Injury and violence prevention in the community. In: Rozensky RH et al., eds. *Psychology's role in public health*. Washington, DC, American Psychological Association, 2004:185–216.
21. Di Gallo A. Verletzung von Körper und Seele: psychiatrische Folgen von Verkehrsunfällen bei Kindern und Jugendlichen [Injury to body and soul: psychiatric consequences of road traffic accidents in children and adolescents]. *Schweizerische Rundschau für Medizin Praxis*, 2005, 94:467–470.
22. Schafer I et al. Posttraumatic syndromes in children and adolescents after road traffic accidents: a prospective cohort study. *Psychopathology*, 2006, 39:159–164.
23. Rusch MD et al. Psychological adjustment in children after traumatic disfiguring injuries: a 12-month follow-up. *Journal of American Society of Plastic Surgeons*, 2000, 106:1451–1458.
24. *Verbal autopsy standards: ascertaining and attributing causes of death*. Geneva, World Health Organization, 2007 (<http://www.who.int/whosis/mort/verbalautopsystandards/en/index.html>, accessed 23 January 2008).
25. Christie N et al. *Children's road traffic safety: an international survey of policy and practice*. London, Department for Transport, 2004 (http://eprints.ucl.ac.uk/1211/1/2004_4.pdf, accessed 22 January 2008) (Road Safety Research Report No. 47).
26. Toroyan T, Peden M, eds. *Youth and road safety*. Geneva, World Health Organization, 2007 (http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9241595116_eng.pdf, accessed 22 January 2008).
27. *Keeping children safe in traffic*. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2004.
28. Li G, Baker SP. Injuries to bicyclists in Wuhan, People's Republic of China. *American Journal of Public Health*, 1997, 87:1049–1052.
29. *Young Drivers: the road to safety*. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2006.
30. Gregersen N, Nyberg A, Berg H. Accident involvement among learner drivers: an analysis of the consequences of supervised practice. *Accident Analysis and Prevention*, 2003, 35:725–730.
31. Palamara P, Legge M, Stevenson M. The relationship between years of licensing, traffic offences and crash involvement: implications for driver licensing in Western Australia. In: *Proceedings of the Developing Safer Drivers and Riders Conference, 21–23 July 2002, Brisbane*. Brisbane, 2002.
32. Oesch SL. *Statement before the Maryland House Committee on Environmental Matters. Passenger restrictions for young drivers*. Arlington, VA, Insurance Institute for Highway Safety, 2005.
33. Mohan D. Road safety in less-motorized environments: future concerns. *International Journal of Epidemiology*, 2002, 31:527–532.
34. Cass DT, Ross F, Lam L. School bus-related deaths and injuries in New South Wales. *Medical Journal of Australia*, 1996, 165:134–137.
35. Miller T, Spicer RS. How safe are our schools? *American Journal of Public Health*, 1998, 88:413–418.
36. Jacobs G, Thomas AA, Astrop A. *Estimating global road fatalities*. Crowthorne, Transport Research Laboratory, 2000 (TRL Report 445) (http://www.transport-links.org/transport_links/filearea/publications/1_329_TRL445.pdf, accessed 22 January 2008).
37. Aeron-Thomas AA et al. *The involvement and impact of road crashes on the poor: Bangladesh and India case studies*. Crowthorne, Transport Research Laboratory Limited, 2004 (http://www.grsproadsafety.org/themes/default/pdfs/The%20Poor_final%20final%20report.pdf, accessed 22 January 2008).
38. Whitebread D, Neilson K. The contribution of visual search strategies to the development of pedestrian skills by 4–11 year-old children. *British Journal of Educational Psychology*, 2000, 70:539–557.
39. Dunbar G, Hill R, Lewis V. Children's attentional skills and road behaviour. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2001, 7:227–234.
40. Siegler RS, Richards DD. The development of speed, time, and distance concepts. *Developmental Psychology*, 1979, 15:288–298.
41. Zeedyk MS, Wallace L, Spry L. Stop, look, listen, and think? What young children really do when crossing the road. *Accident Analysis and Prevention*, 2002, 34:43–50.
42. Pitcairn TK, Edlemann T. Individual differences in road crossing ability in young children and adults. *British Journal of Psychology*, 2000, 91:391–410.
43. Ampofo-Boateng K, Thomson JA. Children's perception of safety and danger on the road. *British Journal of Psychology*, 1991, 82:487–505.
44. Kovács I et al. Late maturation of visual spatial integration in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1999, 96:12204–12209.

45. Káldy Z, Kovács I. Visual context integration is not fully developed in 4-year-old children. *Perception*, 2003, 2:657–666.
46. Giedd J. Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2004, 1021:77–85.
47. Arnett J. Developmental sources of crash risk in young drivers. *Injury Prevention*, 2002, 8(Suppl II):ii17–ii23.
48. Cross D, Hall M. Child pedestrian safety: the role of behavioural science [editorial]. *The Medical Journal of Australia*, 2005, 182:318–319.
49. Bina M, Graziano F, Bonino S. Risky driving and lifestyles in adolescence. *Accident Analysis and Prevention*, 2006, 38:472–481.
50. Stevenson M et al. Behavioural factors as predictors of motor vehicle crashes in young drivers. *Journal of Crash Prevention and Injury Control*, 2001, 2:247–254.
51. Waylen A, McKenna F. *Cradle attitudes: grave consequences. The development of gender differences in risky attitudes and behaviour in road use*. Basingstoke, AA Foundation for Road Safety Research, 2002.
52. Parker D et al. Determinants of intention to commit driving violations. *Accident Analysis and Prevention*, 1992, 24:117–131.
53. McKenna FP, Crick JL. *Developments in hazard perception. Final report*. London, Department for Transport, 1994.
54. Stevenson M, Jamrozik KD, Spittle JA. A case-control study of traffic risk factors and child pedestrian injury. *International Journal of Epidemiology*, 1995, 24:957–964.
55. *Traffic safety facts. Child restraint use in 2007: overall results*. Washington, DC, National Highway Traffic Safety Administration, 2008.
56. *Survey*. Salim and Salimah, Safe and Sound web site (<http://www.salimandsalimah.org/survey.htm>, accessed 28 April 2008).
57. Karwacki JJ Jr, Baker SP. Children in motor vehicles: never too young to die. *Journal of the American Medical Association*, 1979, 242:2848–2851.
58. Durbin D, Elliott M, Winston F. Belt-positioning booster seats and reduction in risk of injury among children in vehicle crashes. *Journal of the American Medical Association*, 2003, 289:2835–2840.
59. American Academy of Pediatrics, Committee on Injury and Poison Prevention. Selecting and using the most appropriate carsafetyseatsforgrowingchildren: guidelines for counseling parents. *Pediatrics*, 2002, 109:550–553.
60. Everett SA et al. Trends and subgroup differences in transportation related injury risk and safety behaviors among high school students, 1991–1997. *Journal of Adolescent Health*, 2001, 28:228–234.
61. Shope JT. Influences on youthful driving behavior and their potential for guiding interventions to reduce crashes. *Injury Prevention*, 2006, 12:i9–i14.
62. Carlin JB, Taylor P, Nolan T. A case-control study of child bicycle injuries: relationship of risk to exposure. *Accident Analysis and Prevention*, 1995, 27:839–844.
63. *Traffic safety facts: bicyclists and other cyclists*. Washington, DC, National Highway Traffic Safety Administration, 2006.
64. Thompson DC, Rivara FP, Thompson R. Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2005, (4):CD001855.
65. Senturia YD et al. Bicycle-riding circumstances and injuries in school-aged children: a case-control study. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 1997, 151:485–489.
66. Rivara FP, Thompson DC, Thompson RS. Epidemiology of bicycle injuries and risk factors of serious injury. *Injury Prevention*, 1997, 3:110–114.
67. Puranik S, Long J, Coffman S. Profile of pediatric bicycle injuries. *South Medical Journal*, 1998, 91:1033–1037.
68. Shafi S et al. Impact of bicycle helmet safety legislation on children admitted to a regional pediatric trauma center. *Journal of Pediatric Surgery*, 1998, 33:317–321.
69. Lin M-R et al. Factors associated with severity of motorcycle injuries and young adult riders. *Annals of Emergency Medicine*, 2003, 41:783–791.
70. Liu BC et al. Helmets for preventing injury in motorcycle riders. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2007, (4):CD004333.
71. Hung DV, Stevenson M, Ivers R. Barriers to, and factors associated with, observed motorcycle helmet use in Vietnam. *Accident Analysis and Prevention*, 2008, 40:1627–1633.
72. Chen L et al. Carrying passengers as a risk factor for crashes fatal to 16- and 17-year old drivers. *Journal of the American Medical Association*, 2000, 283:1578–1582.
73. Williams AF. *Teenage passengers in motor vehicle crashes: a summary of current research*. Arlington, VA, Insurance Institute for Highway Safety, 2001.
74. Huber JC, Carozza SE, Gorman DM. Underage driving as an indicator of risky behavior in children and adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 2006, 38:612–616.
75. Maycock G. *Novice driver accidents and the driving test*. Crowthorne, Transport Research Laboratory, 2002 (TRL Report 527).
76. *Fatality facts: teenagers 2005*. Arlington, VA, Insurance Institute for Highway Safety, 2006 (www.iihs.org/research/fatality_facts/teenagers.html, accessed 13 May 2008).
77. Mayhew DR, Simpson HM, Pak A. Changes in the collision rate among novice drivers during the first months of driving. *Accident Analysis and Prevention*, 2003, 35:683–691.
78. National Research Council and Institute of Medicine. *A study of interactions: emerging rapporteurs*. Washington, DC, The National Academies Press, 2006.
79. Keall M, Frith W, Patterson T. The influence of alcohol, age and number of passengers on the night-time risk of driver fatal injury in New Zealand. *Accident Analysis and Prevention*, 2004, 36:49–61.
80. McAnally K, Kypri K. Alcohol and road safety behaviour among New Zealand tertiary students. *International Journal of Adolescent Medical Health*, 2004, 16:229–237.
81. *Youth risk behavior surveillance: United States, 2005*. Atlanta, GA, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Centers for Disease Control and Prevention, 2006 ([http://apps.nccd.cdc.gov/yrbss/CategoryQuestions.asp?cat=1&desc=Unintentional Injuries and Violence](http://apps.nccd.cdc.gov/yrbss/CategoryQuestions.asp?cat=1&desc=Unintentional%20Injuries%20and%20Violence), accessed 28 April 2008).

82. Simons-Morton B, Lerner N, Singer J. The observed effects of teenage passengers on the risky driving behavior of teenage drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 2005, 37:973–982.
83. Blows S et al. Risky driving habits and motor vehicle driver injury. *Accident Analysis and Prevention*, 2005, 37:619–624.
84. Hendrick JL, Switzer JR. Hands-free versus hand-held cell phone conversation on a braking response by young drivers. *Perception and Motor Skills*, 2007, 105:514–522.
85. McEnvoy SP, Stevenson MR, Woodward M. The contribution of passengers versus mobile phone use to motor vehicle crashes resulting in hospital attendance by the driver. *Accident Analysis and Prevention*, 2007, 39:1170–1176.
86. Lam LT et al. Passenger carriage and car crash injury: a comparison between younger and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 2003, 35:861–867.
87. Ferguson SA. Other high-risk factors for young drivers: how graduated licensing does, doesn't, or could address them. *Journal of Safety Research*, 2003, 34:71–77.
88. Braitman KA et al. Crashes of novice teenage drivers: characteristics and contributing factors. *Journal of Safety Research*, 2008, 39:27–54.
89. Chen IG et al. Teen drivers and the risk of injury to child passengers in motor vehicle crashes. *Injury Prevention*, 2005, 11:12–17.
90. Padlo P, Aultman-Hall L, Stamatiadis N. Passengers and other factors affecting the safety of young and older drivers. *Transportation Research Records*, 2006, 1937:7–13.
91. Williams AF. Teenage drivers: patterns of risk. *Journal of Safety Research*, 2003, 34:5–15.
92. Maycock G. *Drinking and driving in Great Britain: a review*. Crowthorne, Transport Research Laboratory, 1997 (TRL Report 232).
93. Dandona R, Kumar GA, Dandona L. Risky behavior of drivers of motorized two wheeled vehicles in India. *Journal of Safety Research*, 2006, 37:149–158.
94. Towner E et al. *Injuries in children aged 0–14 years and inequalities*. London, Health Development Agency, 2005 (http://www.nice.org.uk/niceMedia/pdf/injuries_in_children_inequalities.pdf, accessed 22 January 2008).
95. Fatimah M et al. The risk of road traffic accidents among primary school children in Kuala Terengganu. *Medical Journal of Malaysia*, 1997, 52:402–408.
96. Pless IB, Verreault R, Tenina S. A case-control study of pedestrian and bicyclist injuries in childhood. *American Journal of Public Health*, 1989, 79:995–998.
97. Joly MF, Foggin PM, Pless IB. A case-control study of traffic accidents among child pedestrians. In: *Proceedings of the International Conference on Traffic Safety*. New Delhi, 1991.
98. La Flamme L. *Social inequality in injury risks: knowledge accumulated and plans for the future*. Stockholm, National Institute of Public Health, 1998.
99. Hasselberg M, Laflamme L, Weitoft GR. Socioeconomic differences in road traffic injuries during childhood and youth: a closer look at different kinds of road user. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2001, 55:858–862.
100. Hippisley-Cox J et al. Cross-sectional survey of socioeconomic variations in severity and mechanism of childhood injuries in Trent 1992–7. *British Medical Journal*, 2002, 324:1132–1134.
101. Nantulya WM, Reich M. The neglected epidemic: road traffic injuries in developing countries. *British Medical Journal*, 2002, 324:1139–1141.
102. Celis A et al. Family characteristics and pedestrian injury risk in Mexican children. *Injury Prevention*, 2003, 9:58–61.
103. Mizuno K, Kajzer J. Head injuries in vehicle-pedestrian impact. In: *Proceedings of the Society of Automotive Engineers World Congress, 6–9 March 2000, Detroit, Michigan*. Warrendale, PA, Society of Automotive Engineers, 2000 (http://www.sae.org/servlets/productDetail?PROD_TYP=PAPER&PROD_CD=2000-01-0157, accessed 22 April 2008).
104. Crandall JR, Bhalla KS, Madeley NJ. Designing road vehicles for pedestrian protection. *British Medical Journal*, 2002, 324:1145–1148.
105. Holland A et al. Driveway motor vehicle injuries in children. *The Medical Journal of Australia*, 2000, 173:192–195.
106. Fenton SJ et al. The prevalence of driveway back-over injuries in the area of sports utility vehicles. *Journal of Pediatric Surgery*, 2005, 40:1964–1968.
107. Lovette B. Back-up detection devices: what do we all need to know? Dangerous blind zones. *Journal of Pediatric Health Care*, 2007, 21:123–128.
108. Schoon CC. *Invloed kwaliteit fiets op ongevallen*. [The influence of cycle quality on crashes]. Leidschendam, Institute for Road Safety Research, 1996 (SWOV Report R-96-32).
109. Mohan D, Tiwari G. Road safety in low-income countries: issues and concerns regarding technology transfer from high-income countries. In: *Reflections on the transfer of traffic safety knowledge to motorizing nations*. Melbourne, Global Traffic Safety Trust, 1998:27–56.
110. Clifton KJ, Kremer-Fulst K. An examination of the environmental attributes associated with pedestrian vehicular crashes near public schools. *Accident Analysis and Prevention*, 2007, 39:708–715.
111. Bly P, Dix M, Stephenson C. *Comparative study of European child pedestrian exposure and accidents*. London, Departments of the Environment, Transport and the Regions, 1999.
112. Kweon SS, Shin MH. [An epidemiological study for child pedestrian traffic injuries that occurred in school-zone] (article in Korean). *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 2005, 38:163–169.
113. Roberts I et al. Effect of environmental factors on risk of injury of child pedestrians by motor vehicles: a case-control study. *British Medical Journal*, 1995, 310:91–94.
114. Mueller BA et al. Environmental factors and the risk for childhood pedestrian-motor vehicle collision occurrence. *American Journal of Epidemiology*, 1990, 132:550–560.
115. Stevenson M. Childhood pedestrian injuries: what can changes to the road environment achieve? *Australia New Zealand Journal of Public Health*, 1997, 21:33–37.
116. Gururaj G, Reddi MN, Aeron-Thomas A. Epidemiology of road traffic injuries in Bangalore. In: *Proceedings of the 5th*

- World Conference on Injury Prevention and Control*. New Delhi, Macmillan India, 2000.
117. Joshipura MK et al. Trauma care systems in India. *Injury*, 2003, 34:686–692.
 118. Mohan D. Traffic safety and city structure: lessons for the future. *Salud Pública de México*, 2008, 50:S93–S100.
 119. Tingvall C, Haworth N. *Vision Zero: an ethical approach to safety and mobility*. Paper presented to the 6th Institute of Transport Engineers' International Conference on Road Safety and Traffic Enforcement: Beyond 2000, Melbourne, 6–7 September 1999 (<http://www.monash.edu.au/muarc/reports/papers/visionzero.html>, accessed 23 January 2008).
 120. *Advancing sustainable safety in brief*. Leidschendam, Netherlands, Institute for Road Safety Research, 2006 (http://www.swov.nl/rapport/DMDV/Advancing_Sustainable_Safety_brief.pdf, accessed 23 January 2008).
 121. Retting RA et al. A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian–vehicle crashes. *American Journal of Public Health*, 2003, 93:1456–1463.
 122. Elvik R, Vaa T, eds. *The handbook of road safety measures*. Amsterdam, Elsevier Science Ltd, 2004.
 123. Bunn F et al. Area-wide traffic calming for preventing traffic related injuries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2003, (1):CD003110.
 124. Afukaar FK, Antwi P, Ofosu-Amaah S. Pattern of road injuries in Ghana: implications for control. *Injury Control and Safety Promotion*, 2003, 10:69–76.
 125. *Dominican Republic: child friendly municipalities*. International Secretariat for Child Friendly Cities web site. Florence, UNICEF (http://www.childfriendlycities.org/networking/dominican_republic.html, accessed 8 May 2008).
 126. *Steps to creating a safe routes to school program*. Safe Routes to School Online Guide. Chapel Hill, NC, University of North Carolina Highway Safety Research Center (<http://www.saferoutesinfo.org/guide/steps/index.cfm>, accessed 5 July 2008).
 127. Mackett RL et al. A methodology for evaluating walking buses as an instrument of urban transport policy. *Transport Policy*, 2003, 10:179–186.
 128. Rowland D et al. Randomised controlled trial of site specific advice on school travel patterns. *Archives of Diseases in Children*, 2003, 88:6–11.
 129. *GRSP in Bangalore*. Global Road Safety Partnership web site (<http://www.grsproadsafety.org/?pageid=27#GRSP%20in%20Bangalore>, accessed 5 July 2008).
 130. *Safety of vulnerable road users*. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development, 1998 (<http://www.oecd.org/dataoecd/24/4/2103492.pdf>, accessed 23 January 2008).
 131. *Vulnerable road users in the Asian and Pacific regions*. Manila, Asian Development Bank, 2003 (<http://www.adb.org/Documents/Books/Road-Safety-Guidelines/vulnerable-road-users.pdf>, accessed 23 January 2008).
 132. *Test procedures: child protection*. EuroNCAP web site (<http://www.euroncap.com/Content-Web-Page/cec92835-f082-4bd4-b4a3-2958ec66cbee/child-protection.aspx>, accessed 5 July 2008).
 133. Zaza S et al. Reviews of evidence regarding interventions to increase use of child safety seats. *American Journal of Preventive Medicine*, 2001, 21:31–47.
 134. Anund A et al. *Child safety in cars: literature review*. Stockholm, Swedish National Road and Transport Research Institute, 2003 (VTI report 489A).
 135. Tsoumakas K et al. Parents' knowledge and attitudes about preventing injuries in motor vehicle accidents in children in Greece. *Traffic Injury Prevention*, 2008, 9:129–134.
 136. Ehiri JE et al. Interventions for promoting booster seat use in four to eight year olds traveling in motor vehicles. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2006, (1):CD004334.
 137. Motor vehicle occupant injury: strategies for increasing use of child safety seats, increasing use of safety belts and reducing alcohol impaired driving. *Mortality and Morbidity Weekly Report*, 2001, 50:1 (<http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5007a1.htm>, accessed 22 January 2008).
 138. Kedikoglou S et al. A maternity hospital-based infant car-restraint loan scheme: public health and economic evaluation of an intervention for the reduction of road traffic injuries. *Scandinavian Journal of Public Health*, 2005, 33:42–49.
 139. Dellinger A et al. Interventions to prevent motor vehicle injuries. In: Doll L et al., eds. *Handbook of injury and violence prevention*. New York, NY, Springer, 2007:55–79.
 140. Kallan MJ, Durbin DR, Arbogast KB. Seating patterns and corresponding risk of injury among 0- to 3-year-old children in child safety seats. *Pediatrics*, 2008, 121:e1342–e1347.
 141. Lund UJ. The effect of seating location on the injury of properly restrained children in child safety seats. *Accident Analysis and Prevention*, 2005, 37:435–439.
 142. Hertz E. *Revised estimates of child restraint effectiveness* [research note]. Washington, DC, National Highway Traffic Safety Administration, 1996.
 143. Johnston C, Rivara FP, Soderberg R. Children in car crashes: analysis of data for injury and use of restraints. *Pediatrics*, 1994, 6:960–965.
 144. *Traffic safety facts 2004: occupant protection*. Washington, DC, National Highway Traffic Safety Administration, 2004.
 145. *Helmets: a road safety manual for decision makers and practitioners*. Geneva, World Health Organization, 2006 (http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/helmet_manual.pdf, accessed 22 January 2008).
 146. Hendrie D et al. Child and family safety device affordability by country income level: a comparison of 18 countries. *Injury Prevention*, 2004, 10:338–343.
 147. Liberatti CLB et al. Helmet use by motorcyclists injured in traffic accidents in Londrina, southern Brazil. *Pan American Journal of Public Health*, 2003, 13:33–38.
 148. Kwan I, Mapstone J. Interventions for increasing pedestrian and cyclist visibility for the prevention of death and injuries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2002, (2):CD003438.
 149. Van Niekerk EC. *Pedestrian visibility: final report*. Pretoria, Centre for Scientific and Industrial Research, 2003 (CR 2002/78).

150. Thornly SJ et al. Conspicuity and bicycle crashes: preliminary findings of the Taupo Bicycle Study. *Injury Prevention*, 2008, 14:11–18.
151. Kobusingye O, Tumwesigye NM, Atuyambe L. *Protecting vulnerable road users through visibility improvement: a pilot study*. Sydney, Road Traffic Injury Research Network, 2004 (http://www.rtirn.net/PDFs/RTIRN%20Facsheet_Uganda.pdf, accessed 8 July 2008).
152. Umar RS. Helmet initiatives in Malaysia. In: *Proceedings of the 2nd World Engineering Congress, Kuching, 22–25 July 2002*. Kuching, Institution of Engineers, 2002:93–101.
153. Yuan W. The effectiveness of the “ride bright” legislation in Singapore. *Accident Analysis and Prevention*, 2000, 32:559–563.
154. Wells S et al. Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: case-control study. *British Medical Journal*, 2004, 328:857.
155. *Police enforcement strategies to reduce traffic casualties in Europe*. Brussels, European Transport Safety Council, Working Party on Traffic Regulation Enforcement, 1999 (<http://www.etsc.be/oldsite/strategies.pdf>, accessed 29 April 2008).
156. Norghani M et al. *Use of exposure control methods to tackle motorcycle accidents in Malaysia*. Serdang, Road Safety Research Centre, Universiti Putra Malaysia, 1998 (Research Report 3/98).
157. Schoon CC, Goldenbeld C. *Jonge brom- en snorfietsers: kan hun ongevalskans sterkomlaag? Effecten van maatregelen en draagvlak daarvoor onder jongeren en organisaties. [Young mopedists and light-mopedists: can their accident chance be greatly reduced? Effects of measures and support for them among the young and organizations]*. Leidschendam, Institute for Road Safety Research, 2003 (SWOV Report R-2003-13) (<http://www.swov.nl/rapport/R-2003-13.pdf>, accessed 22 January 2008).
158. Shults R et al. Review of evidence regarding interventions to reduce alcohol-impaired driving. *American Journal of Preventive Medicine*, 2001, 21:66–84.
159. Elder RW et al. Effectiveness of sobriety checkpoints for reducing alcohol involved. *Traffic Injury Prevention*, 2002, 3:266–274.
160. Barbar T et al. *Alcohol: no ordinary commodity*. Oxford, Oxford University Press, 2003.
161. Henstridge J, Homel R, Mackay P. *The long-term effects of random breath testing in four Australian states: a time series analysis*. Canberra, Federal Office of Road Safety, 1997.
162. Hingson RW, Assailly J-P, Williams AF. Underage drinking: frequency, consequences, and interventions. *Traffic Injury Prevention*, 2004, 5:228–236.
163. Hedlund J, Shults R, Compton R. What we know, what we don't know, and what we need to know about graduated driver licensing. *Journal of Safety Research*, 2003, 34:107–115.
164. Hedlund J, Compton R. Graduated driver licensing research in 2004 and 2005. *Journal of Safety Research*, 2005, 36:4–14.
165. Preusser DF, Tison J. GDL then and now. *Journal of Safety Research*, 2007, 28:159–163.
166. Desapriya EBR et al. Child motor vehicle occupant and pedestrian casualties before and after enactment of child restraint seats legislation in Japan. *Injury Control and Safety Promotion*, 2004, 11:225–230.
167. Duperrex O et al. Safety education of pedestrians for injury prevention: a systematic review of randomised control trials. *British Medical Journal*, 2002, 324:1129.
168. Robertson L. *Injury epidemiology*, 3rd ed. New York, NY, Oxford University Press, 2007.
169. Gielen A, Sleet DA, DiClemente R, eds. *Injury and violence prevention: behavioral science theories, methods and applications*. San Francisco, CA, Jossey Bass, 2006.
170. Thomson JK, Whelan KM. *A community approach to road safety education using practical training methods*. London, Department for Transport, 1997 (Road Safety Research Report No. 3).
171. Rivara F, Metrik J. *Training programs for bicycle safety*. Seattle, WA, Traffic Safety Commission, 1998 (http://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/docs/b_training.pdf, accessed 22 January 2008).
172. Towner E et al. *What works in preventing unintentional injuries in children and young adolescents? An updated systematic review*. London, Health Development Agency, 2001.
173. *Soul City Institute: health and development communication*. Soul City web site (<http://www.soulcity.org.za/>, accessed 28 April 2008).
174. Scheepers E et al. Evaluating health communication: a holistic overview of the impact of Soul City IV. *Health Promotion Journal of Australia*, 2004, 15:121–133.
175. Vernick JS et al. Effects of high school driver education on motor vehicle crashes, violations, and licensure. *American Journal of Preventive Medicine*, 1999, 16(1 Suppl.):40–46.
176. Roberts I et al. School based driver education for the prevention of traffic crashes. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2001, (3):CD003201.
177. Ker K et al. Post-licence driver education for the prevention of road traffic crashes: a systematic review of randomized controlled trials. *Accident Analysis and Prevention*, 2005, 37:205–213.
178. Sasser S et al. *Prehospital trauma care systems*. Geneva, World Health Organization, 2005 (http://www.who.int/entity/violence_injury_prevention/publications/services/39162_oms_new.pdf, accessed 14 May 2008).
179. Mock C et al. *Guidelines for essential trauma care*. Geneva, World Health Organization, 2004 (<http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/9241546409.pdf>, accessed 22 January 2008).
180. Cummings P et al. Air bags and passenger fatality according to passenger age and restraint use. *Epidemiology*, 2002, 13:525–532.
181. Braver et al. Deaths among drivers and right-front passengers in frontal collisions: redesigned air bags relative to first-generation air bags. *Traffic Injury Prevention*, 2008, 9:48–58.