

		1歳6ヶ月 月健診にお ける児の 身長・体 重	1歳6ヶ月 健診にお ける医師 の判定 結果	妊娠 届出時 の喫煙 状況 (喫煙 状況な ど)	育児 期間中 の母の 喫煙 状況	育児 不安に 関して	虐待 (親子 関係) に関 して	家庭にお ける事故 予防対策 に関して
調査 の有 無	回答数	1577	1572	1545	1548	1570	1561	1563
	調査している	1573 (99.7%)	1565 (99.6%)	1374 (88.9%)	573 (37.0%)	1512 (96.3%)	1193 (76.4%)	553 (35.4%)
	調査していない	4 (0.3%)	7 (0.4%)	171 (11.1%)	974 (62.9%)	58 (3.7%)	368 (23.6%)	1010 (64.6%)
デー タの 集計 ・分 析	回答数	1534	1542	1459	1080	1432	1278	1073
	コンピュータで 集計・分析	482 (31.4%)	688 (44.6%)	506 (34.7%)	154 (14.3%)	359 (25.1%)	266 (20.8%)	120 (11.2%)
	手集計	410 (26.7%)	650 (42.2%)	478 (32.8%)	200 (18.5%)	524 (36.6%)	453 (35.4%)	200 (18.6%)
	集計・分析せず	642 (41.9%)	204 (13.2%)	475 (32.6%)	726 (67.2%)	549 (38.3%)	559 (43.7%)	753 (70.2%)

図3. 健診・問診項目の調査・DB入力、集計・分析状況

問診のデータで52.3%というように、電子化が非常に遅れているということも事実である。

妊娠届出時の喫煙を調査している市町村は88.9%に達しているが、それをコンピュータで解析しているのが34.7%、手集計が32.8%で計7割弱が一応集計はしている。しかし、残り3割の市町村はデータを取っても集計していないわけで、情報の利活用が不十分というのが今の地域の実態だと判った。

そこで「健やか親子21」の「母子保健・医療情報データベース」と「取り組みのデータベース」の利活用に加え、各自治体個別のデータの活用を推進している。自治体個別のデータの活用のため、個別データの入力・分析システムを開発している。これは非常に簡単なシステムだが、問診情報をプルダウンメニューやラジオボタンで簡単に入力することができ、それらの集計を取るほか、複数の市町村のデータをまとめてグラフで比較するなどの機能を持っている。これを北巨摩周辺の自治体や愛知県の保健所や県に配布するモデル事業を行なっている。

「健やか親子21」という母子保健に関する国民健康づくり運動の大きな目標として、母子保健のデータの活用を、中間評価でも挙げていて、それを目指している。

3. 保健医療情報の種類と個人情報

新しい医療の在り方として、一人一人に適切な医療の提供を目指す、オーダーメイド医療が話題を集めている。日本は標準的な人が多いため、今までのレディメイド医療で多くの人は満足していたのだが、それだけではうまくいかないところがでてきている。遺伝要

因や素因の違い、生活習慣や環境の違いにより、同じようなデータを持つ人であっても、発症の仕方やその改善は、個人によって違いが出るからだ。

そこで著者は個人の特性に合わせた予防、すなわち、オーダーメイドの予防 (personalized prevention) のために、ゲノム戦略とアセスメント戦略を提唱している。ゲノム戦略は感受性遺伝子を基盤にした予防戦略で、アセスメント戦略は個人の生活習慣の改善を基盤にした予防戦略である。

生活習慣と環境要因が同一でも、感受性遺伝子を量的にも質的にもリスクとして持っている人は、生活習慣と遺伝子との相互作用によって病気になりやすく、感受性遺伝子がない人は病気になりにくいということがある。この感受性遺伝子の概念は、たばこを吸う人は吸わない人に比べて5倍肺がんになりやすいという具合に、リスクとしての感受性遺伝子を持っているともっていない人に比べて病気にかかりやすいというものだ。遺伝子は生まれた時から変わらないので、病気のなりやすさなど、将来をある程度決定する性格のものである。

著者たちは1994年に、ビタミンD受容体遺伝子が骨密度に関連することを発見したが、骨密度への寄与は4%程度にすぎない。一方、牛乳を十分に摂取することは12%の寄与がある。このように生活習慣などの環境因子は、個々の遺伝子に比べると圧倒的に一つ一つの寄与が大きい。以前、双子の研究をしていたが、骨密度に関連する遺伝的な要素は50%位で、生活習慣も50%位だった。50%位ということは、1個が2~3%の寄与とすると、感受性遺伝子が20も30もあることになる。つまり、不利益が幾つかあってもそれほど大きな問題はなく、むしろ生活習慣を変えればいいということだ。しかし、感受性遺伝子のリスクを持っている人は普通に生活していると、骨折しやすいので、運動を多くするかカルシウムを十分に摂取するなどの対策を行えば、骨折する時期を3年でも5年でも遅らせて元気で長生きすることができる。

次に、保健医療情報の種類について考えてみたい。まず、問診情報があるがこれは訴えであり、症状に関する主な訴えと、そのほかの訴えがある。食事や運動、睡眠、休養から、喫煙や飲酒といった嗜好品の情報、それから最近では、社会経済的な状況として職業や収入、家族構成、学歴、社会的役割といったことも重要である。

身体所見として、呼吸・血圧・心拍数、聴打診、触診の情報、特有のサインもある。それから血液のデータで、貧血や白血球、肝機能や腎機能、脂質等の生化学データ。最近ではがんのマーカーや免疫関係の情報、抗体の有無といった情報がある。そして遺伝子の情報で、その中には染色体やゲノムの情報もある。体細胞遺伝子から発生する、例えばがん細胞等の遺伝子の情報。それからMRIやX線写真など様々な医用画像情報。さらに、入院していれば看護師が入院録に患者の詳しい記録をとっている。

このように様々な情報があるわけだが、この中で個人情報の範囲や重要度を規定することは難しい問題だ。個人を特定する氏名などは簡単で、当然、個人情報である。人間の細胞の中には60億の塩基対があるが、これが全部同一の人間は、一卵性双生児を除けば、地球上にもう一人いるかどうかという確率である。これまで人間のゲノム解析には数千円から数十億円の費用が掛かっていたが、2009年には一人当たり50万円で一人の人間の全ゲノムが解析できるようになる。そうになると氏名と同様に、ゲノム情報も個人を同定する情報として一般化する可能性がある。

また、他人が入手すると個人に不利益が生じたり、他人が入手にすると利益を得られる情報も当然ある。遺伝子情報や疾患名を、保険会社は欲がるだろう。しかし、プライバシーとして他人が手にしてほしくない情報がある一方で、公共政策として重要な情報もある。例えば、感染症の情報はまさにそうしたものである。

ただ、この遺伝子情報というのは結構厄介な性格を有している。幹細胞は最終的に60兆個の体細胞に分裂するが、それは全て同じ遺伝子の複製を持ち、個人情報の最たるものといえる。また、それは変えようのない性質のものである。

しかも、その情報は自分だけの情報ではなく、血縁者と共有するものである。親子はその半分を共有するし、兄弟も半分共有する確率が極めて高いので、遺伝学的には親子・兄弟は基本的には同じ距離にあるとして、第一度近親と定義している。そうすると、本人が病気の遺伝子を持っていると、親や兄弟、子どもは半分の確率でその遺伝子を保有することになる。例えば、ある人が将来アルツハイマーになりやすいことが検査で分かったとすると、兄弟にそのことを話すだろうか。また、兄弟はそうした話を聞きたいだろうか。そう

考えると、知らないでいる権利も担保する必要があることになる。そういった、厄介な問題があるわけである。

遺伝子を用いた医療が現実に行われているが、その際に遺伝カウンセリングの重要性が云われる。それは、検査の意味や、その結果の解釈などの説明を通じて、遺伝子情報の慎重な取り扱いをもとにした自己決定のサポートを行ない、事後の精神的なフォローアップを行なうものである。しかし、一方でその有効性に議論もある。例えば、5番染色体のCAGの三つ組みの繰り返しが普通は二十数回だが、それが35回とか40回あると、30~40歳代でハンチントン病という単一遺伝子病の発症が予想できる。発症年齢が高いので子どもがいることもあるが、子どもは親が発症して初めて自分がリスク保持者だと分かるケースが多い。しかもその治療法がないという状況で、どういうカウンセリングをするかという問題もあるわけだ。

それから一方で、薬剤感受性遺伝子を研究する学問（ファーマコジェネティクス）が急速に発展している。抗がん剤は副作用が強いと言われるが、個人差が非常に大きい。その個人差は何に由来するかというと、薬の代謝に関わる遺伝子によって処理できる能力に違いが出てくるため、これを薬剤感受性遺伝子という。そのために副作用が出やすい人と、そうでない人がでてくる。こういった薬剤感受性遺伝子を調べることによって、適正な薬の種類や適正な投与量を選ぶことができるようになる。

私は文部科学研究の特別研究で、ゲノムと社会との接点の領域の研究を担当していて、一般市民の遺伝子検査やゲノム研究に関する意識調査⁶⁾を行なっている。その結果、一般市民も両者の区別はできていて、感受性遺伝子よりも薬剤感受性遺伝子の方を調べたいと思っている。それは自分の医療そのものに関わるものという意識があるからだ。逆に将来どんな病気にかかりやすいかといった遺伝子検査は、実感がわかないか、不安を駆り立てるので調べたいと思っていないのかもしれない。

最終的には、医療情報に濃淡や種類があるように、重要性にもレベルがある。また、医療情報を取り扱う場合には、必要性や合目的性、使用する情報の種類、時間的制限、取扱者の範囲、取扱い方法、こういうことを明確にすべきだろう。平成20年にアメリカでは遺伝子情報差別を禁止する法律が成立したが、

これは遺伝子情報を取り扱っていく時代にまさに必要なことだ。

そして、今現在の治療や薬品の選択に必要な情報と、将来的に病気に罹りやすいという情報は、やはり違うはずだ。こういったことを正確に理解するためには、社会全体の保健医療情報リテラシーの向上が必要になってくるはずである。

最後に、問題提起を行なう。本質的に医療情報は、誰が主体になって取り扱うべきかという問題である。自分の情報を預けるという形式もあるし、診療や健診を受けた情報は自動的にその機関が管理するという考え方もありえる。一方で公共政策に活用する場合は、当然であるが、より多くの情報があった方がいいわけである。こういった情報管理の問題は、非常に重要な点だと考えている。

参照URL

- (1) 健康日本21
<http://www.kenkounippon21.gr.jp/>
- (2) 健康観光ICT利活用モデル事業
http://www.ttb.go.jp/joho/2008_03chiiki/
- (3) 健やか親子21
<http://rhino.med.yamanashi.ac.jp/sukoyaka/>
- (4) 母子保健・医療情報データベース
<http://rhino.med.yamanashi.ac.jp/>
- (5) 取り組みのデータベース
<http://rhino2.med.yamanashi.ac.jp/torikumi-doc/>
- (6) 「ゲノム科学に対する一般市民、患者、研究者の意識に関する研究」
<http://lifesciencedb.jp/houkoku/pdf/C-22.pdf>

注記

本稿は、2008年11月28日に開催されたCAUAシンポジウム2008 in やまなしにおける特別講演を、CAUA事務局が纏めたものです。従いまして文責はCAUA事務局にあります。

小中学生の肥満予防指導における手ばかりの有用性

1) 山梨大学大学院 医学工学総合研究部

2) 甲州市役所 健康増進課

芳我ちより¹⁾ 新井孝子²⁾ 鈴木孝太¹⁾

Haga, Chiyori Arai, Takako Suzuki, Kobta

井上愛子²⁾ 内田眞由美²⁾ 金井美紀²⁾

Inoue, Aiko Uchida, Mayumi Kanai, Miki

徳良裕子²⁾ 櫻田和歌²⁾ 上田ちはる²⁾

Tokura, Ryoko Sakurada, Waka Ueda, Chiharu

佐藤美理¹⁾ 田中太一郎¹⁾ 山縣然太郎¹⁾

Satoh, Miri Tanaka, Taichiro Yamagata, Zentarō

キーワード

肥満予防, 学童期, 思春期, 手ばかり

緒言

近年、子どもの肥満は世界的に増加傾向にあり、わが国における国民栄養調査のデータの分析¹⁾は、6歳から14歳までの男女における肥満の出現頻度が、1976年から1980年には男子6.1%、女子7.1%であったが、1996年から2000年にそれぞれ11.1%と10.2%へと増加していることを示した。子どもの肥満は高い割合で成人肥満に移行する可能性が指摘²⁾されており、成人肥満を予防するためにも子どもの肥満を予防し、生活習慣を改善する必要がある。食事は肥満に関連の強い生活習慣であり³⁾、小児期より正しい食習慣を身に付けることが小児期のみならず、成人期の肥満予防につながる。このことは、長期的な生活習慣病予防として、保健師が乳幼児健診の場を活用できることを示唆する。

わが国は、2005年に食育基本法を制定し、子どもたちが食に関する正しい知識と望ましい食習慣を身に付けることができるよう、各自治体に取り組むことを促している。山梨県甲州市は小児期からの食育推進に向け、「自分にあった食事の量がひと目で分かる手段」として、「塩山式手ばかり」を開発し、これをツールとして住民が食に関する知識を修得し、食を選択できる力の育成をめざしている⁴⁾。

本稿では、小中学生の食事摂取量を手ばかりを用いて測定し、肥満と各食品群の摂取量の関連を明らかにし、子どもの肥満予防に用いるツールとしての手ばかりの有用性を検討した。

研究方法

■対象

山梨県甲州市全域の小学校4年生から6年生までの児童全1,081人、および中学校1年生から3年生までの生徒全1,073人、合計2,154人を調査対象とした。

■調査方法

調査期間は、2007年2月から3月である。食事の摂取量は、各自の手の大きさを尺度として食品の分量を測定する「手ばかり調査票」を用いた。具体的には、「穀・芋類」は調理後の分量、「野菜類」「魚介・肉・卵類」「豆類」は調理前の材料、「果実類」「乳類」「菓子類」は食品自体について、手ばかりを用いた目安量を写真付きで掲載し、これと比較して一回に食べた量お

食事チェック表 (子ども)		名前									
1ヶ月の食事を振り返ると平均してどれくらい食べていましたか。 「およその分量と回数」についてそれぞれ該当するところに○をつけて下さい。											
一回に食べる量を「お子様の手」にのせたとしたらどのくらい？ 左の絵と比べてあてはまる量に○をつけて下さい。 ほとんど食べない場合は、記入しないで下さい。					食べた回数はどのくらい？ あてはまるところに○をつけて下さい。						
					毎日食べない時は 右の所に記入		毎日食べる時は 左の所に記入				
ごはん	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
パン	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
めん(スナック含む)	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
いも	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
野菜(ゆでたとして)	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
果物	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
魚(白身・赤身)	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
魚(肉身)	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
薄切りの肉	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
厚切りの肉(焼肉・ハンバーグを含む)	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
卵	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
豆腐	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
納豆	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
牛乳	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
ヨーグルト	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
甘い菓子	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
せんべい・スナック菓子	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	
ジュース	半分 以下	半分	同じ	1.5倍	2倍	食べない	()回	()回	週	毎日	

図1 「塩山式手ばかり」チェック表

よび回数について、チェック表(図1)に記入を依頼した。また、この調査票は、甲州市塩山地区の市民3,595人の協力により手の大きさが身体発育状況を表わしていることを検証した結果に基づき開発された「塩山式手ばかり(以下、「手ばかり」)」を活用したものである⁵⁾。さらに、この調査票では摂取推奨量がわかるようになっており(図2)、それは、各年齢の平均的な手のサイズに食事摂取基準量⁶⁾を対応させて算出された。

一方、肥満の判定は、児童生徒の健康診断票から身長・体重についての情報を得てBMIを算出し、国際的な各年齢・性別のカットオフ値⁷⁾(18歳でのBMI 25以上に相当)を用いた。また、食事摂取量の多少の評価は、今回の測定における食品群ごとの中央値を用いた。小学生・中学生別、男女別に、食品群(「穀・芋類」「果実

物」「野菜類」「魚介・肉・卵類」「豆類」「乳類」「菓子類)の食品摂取量が「多い」ことが「多くない」ことに対して肥満となるリスクを推定するために、オッズ比を算出した。統計解析にはSPSS Ver.16.0を用いた。

倫理的配慮

調査票配布時に、研究対象となる子と親に対し、文書と口頭による説明を行った。また、甲州市の健診担当者により、書面により参加の同意を得た。さらに、データはすべてID化し、個人が特定されないように配慮した。また、本研究は山梨大学医学部倫理委員会の承認を得て行われた。

結果

本研究における解析対象者は小学生(4年生から6年生まで)982人、中学生(全学年)912

名前 _____

あなたの食事チェックしてみましよう！(子供用)

下の食品別山形を、計算した数値分をぬりつがして下さい。
足りないときは、線をのばして記入して下さい。

あてはまる項目に○をつけてください。

あなたは「手ばかり」を知っていますか？

・はい ・いいえ

※どこで知りましたか？
(いくつでもよい)

- ・保育所(園)・児童館
- ・小学校 ・中学校
- ・保健福祉センター
- ・病院 ・知人
- ・食生活改善推進員
- ・その他()

※いつ頃知りましたか？
(年 月 頃)

図2 「塩山式手ばかり」摂取量チェック表

人、合計1,894人であった(回収率; 87.9%)。まず、小学生で肥満と判定されたのは、男子76人(15.5%)、女子58人(11.6%)、合計134人(13.6%)であり、中学生では男子74人(14.5%)、女子45人(11.2%)、合計119人(13.0%)であった。

摂取量の「多い」ことが肥満と有意に正の関連にあった食品群は、小学生男子において「魚介・肉・卵類」(オッズ比OR 1.80, 95%信頼区間CI; 1.08-3.01)、中学生男子において「穀・芋類」(OR 1.79, 95% CI; 1.05-3.05)であった。一方、有意に負の関連にあった食品群は、小学生女子において「野菜類」(OR 0.57, 95% CI; 0.33-1.00), 「果実類」(OR 0.35, 95% CI; 0.19-0.64), 「豆類」(OR 0.52, 95% CI; 0.29-0.94)であり、中学生男子において「乳類」(OR 0.56, 95% CI; 0.33-0.95)であった(表1, 2)。

考察

本研究の結果は、手ばかりを用いて各食品群の摂取量を測定した場合に、「魚介・肉・卵類」「穀・芋類」のとりすぎと、「野菜類」「果実類」「乳類」の摂取不足が子どもの肥満に関連することを明らかにした。子どもの肥満の関連要因を明らかにした文献に関する国内外のレビュー^{8,9)}は、「野菜類」「果実類」の摂取不足、「食用油脂類」の摂取過多が肥満と関連することを示している。また、一般に、肥満の子どもは食事をとり過ぎる傾向があり¹⁰⁾、本結果は「穀・芋類」による炭水化物摂取過多、おそらく肉類による脂質摂取過多が肥満と関連していることを示唆した。これは、手ばかりを用いて測定した食品摂取量の多少と肥満の関係が、先行研究の肥満関連要因と一致していることを示す。

これまで、肥満予防のための指導は栄養素の

表1 肥満に対する食品群別摂取量のオッズ比(OR)と95%信頼区間(CI) (小学生)

摂取食品群	小学生								
	男子				女子				
	n	非肥満	肥満	OR CI 下限-上限	n	非肥満	肥満	OR CI 下限-上限	
穀・芋類 多くない 多い	454	192	32	1.00	475	262	32	1.00	0.64-2.02
		188	42	1.34		159	22	1.13	
野菜類 多くない 多い	478	163	25	1.00	493	178	30	1.00	0.33-1.00
		240	50	1.36		260	25	0.57*	
果実類 多くない 多い	472	161	33	1.00	488	199	39	1.00	0.19-0.64
		237	41	0.84		234	16	0.36*	
魚介・肉・卵類 多くない 多い	456	205	28	1.00	483	206	21	1.00	0.81-2.59
		179	44	1.80*		223	33	1.45	
豆類 多くない 多い	458	194	28	1.00	488	207	35	1.00	0.29-0.94
		194	42	1.50		226	20	0.52*	
乳類 多くない 多い	458	186	38	1.00	483	206	29	1.00	0.45-1.41
		199	35	0.86		223	25	0.80	
菓子類 多くない 多い	458	191	41	1.00	475	198	30	1.00	0.40-1.26
		193	33	0.80		223	24	0.71	

* $p \leq 0.05$

過剰摂取に着目する^{11,12)}傾向が見られ、食事摂取量の制限を主とした指導へとつながる可能性が大きい。しかし、本研究の結果は、食事指導上のポイントとして、「野菜類」「果実類」「豆類」「乳類」を含む食事の摂取を促す必要性を示した。実際に、『平成17年度児童生徒の食生活等実態調査報告書』¹³⁾によると、児童生徒の好きな料理の上位は、「寿司」「カレーライス・ハヤシライス」「ラーメン」などであった。これらの料理に含まれる栄養素は、炭水化物・動物性たんぱく質・脂質に偏っており、このような食事内容では学童・思春期にある子どもの発育に必要な、無機質・ビタミン・良質なたんぱく質の摂取不足をもたらす。バランスよく栄養素を摂取するために、「野菜類」「果実類」「豆類」「乳類」を含む食事をとる必要がある。以上の検討は、手ばかりによる指導のポイントが、摂取を促す必要性のある栄養素についても一致しており、広く手ばかりが指導に活用可能なことを示唆する。

一方、本研究の結果は、中学生女子において肥満と関連する食品群を示さなかった。本研究は、各食品群摂取量の多少の評価に中央値を用いており、小学生女子においても、過剰摂取の食品群との関連が認められなかった事実からも、女子の摂取量が全体的に少ない傾向にあると推察された。これは、思春期にある女子の多くが、やせ願望をもち摂食を抑制する傾向にあるという指摘¹⁴⁾を支持する。先述したように、これまでの肥満予防のための指導は、栄養素の過剰摂取に着目する傾向が見られる¹⁰⁾が、本研究結果は肥満予防の食事指導の際に、小学生女子においては食事バランスのよさ、中学生女子においては食事摂取不足に留意する必要性があることを示唆した。また、今後手ばかりを用いて食事指導する際には、女子の食事摂取の基準量を再度検討する必要があると考えられる。

結論

食品群の摂取量を手ばかりを用いて測定した

表2 肥満に対する食品群別摂取量のオッズ比(OR)と95%信頼区間(CI) (中学生)

摂取食品群	中学生									
	男子				女子					
	n	非肥満	肥満	OR	CI	n	非肥満	肥満	OR	CI
					下限-上限					下限-上限
穀・芋類 多くない 多い	465		191	24	1.00	386		165	22	1.00
		204	46	1.79*	1.05-3.05		177	22	0.93	0.50-1.75
野菜類 多くない 多い	485		21	1.00		398		18	1.00	
		159	51	1.52	0.88-2.62		215	27	0.96	0.51-1.81
果実類 多くない 多い	485		40	1.00		395		16	1.00	
		185	33	0.67	0.41-1.11		205	28	1.25	0.65-2.39
魚介・肉・卵類 多くない 多い	459		29	1.00		378		23	1.00	
		191	40	1.32	0.79-2.22		175	20	0.80	0.42-1.50
豆類 多くない 多い	469		38	1.00		384		18	1.00	
		192	32	0.78	0.47-1.30		201	26	1.00	0.53-1.89
乳類 多くない 多い	454		43	1.00		381		22	1.00	
		85	26	0.56*	0.33-0.95		172	20	0.88	0.46-1.68
菓子類 多くない 多い	464		40	1.00		385		19	1.00	
		196	26	0.63	0.37-1.07		188	24	1.03	0.55-1.96

* $p \leq 0.05$

場合に、「穀・芋類」「魚介・肉・卵類」の過剰摂取、「野菜類」「果実類」「豆類」「乳類」の摂取不足が、子どもの肥満と関連することが明らかになった。これらの摂取量と肥満の関係は、一般的に指摘されている内容と一致しており、手ばかりという身近で簡便なスケールが、子どもの肥満対策に有効なツールとなる可能性を示唆している。今後、学校や家庭における食事指導への手ばかりの活用が期待される。

文 献

- 1) Matsushita Y, Yoshiike N, Kaneda F, et al. Trends in Childhood Obesity in Japan over the Last 25 Years from the National Nutrition Survey, *Obesity Research* 2004; 12(2), 205-14.
- 2) Togashi K, Masuda H, Rankinen T, et al. A 12-year follow-up study of treated obese children in Japan. *Obesity* 2002; 26(6): 770-7.
- 3) 太田百合子. 肥満と食生活. *保健の科学* 2004; 46(3): 172-6.
- 4) 井上愛子, 新井孝子. 地域に広がる「手ばかり」の無限パワー. *保健師ジャーナル* 2005; 61(10): 950-4.
- 5) 甲州市健康づくり推進協議会. 塩山式手ばかり推進マニュアル: 2004.
- 6) 栄養所要量食事摂取基準の活用 2001 第1版: 第一出版; 2001.

- 7) Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide; international survey, *BMJ* 2000; 320(7244). 1240-5.
- 8) 萬美奈子, 浪智佳子, 三国久美, 山本美佐子. わが国における子どもの肥満予防と生活習慣に関する研究の動向. *北海道医療大学看護福祉学部紀要* 2006; 13: 51-8.
- 9) Summerbell CD, Waters E, Edmunds L, et al. Interventions for preventing obesity in children. 参照日: 2009年2月23日, 参照先: The Cochrane Library: <http://www.cochrane.org/reviews/en/ab001871.html>.
- 10) 柳生あけみ, 神田 晃, 川口 毅. 子どもの肥満の発生要因の解明にかかわる疫学的研究—断面分析と3年間のフォローアップによる予防因子と改善因子の検討, *昭和医学会雑誌* 2003; 63(1): 66-78.
- 11) 小野寺けい子: 生活習慣病と子どもの肥満, *川久保病院医報* 2001; 21(1): 14-19.
- 12) 大関武彦, 中川祐一, 中西俊樹, 藤沢泰子. メタボリックシンドロームの生活習慣指導—より早期のハイリスク群へのアプローチ—対応の仕方と生活習慣指導 小児肥満への対応と指導, *日本医事新報* 2005; 4257: 15-20.
- 13) 独立行政法人日本スポーツ振興センター. 平成17年度児童生徒の食生活等実態調査報告書. http://www.naash.go.jp/kenko/siryou/chosa/syoku_life_h17/pdfs/000-026.pdf
- 14) 江崎節子. 新小児栄養実習書 第1版: 医歯薬出版; 2008.

Original Article

The Association between Maternal Smoking during Pregnancy and Childhood Obesity Persists to the Age of 9–10 Years

Kohta Suzuki¹, Daisuke Ando², Miri Sato¹, Taichiro Tanaka¹, Naoki Kondo¹, and Zentaro Yamagata¹

¹Department of Health Sciences, School of Medicine, University of Yamanashi, Chuo, Yamanashi, Japan

²Department of Physical Education, National Defense Academy, Yokosuka, Kanagawa, Japan

Received October 24, 2008; accepted February 12, 2009; released online April 28, 2009

ABSTRACT

Background: We previously reported that a number of factors related to maternal lifestyle during early pregnancy, including smoking, are associated with childhood obesity at 5 years of age. In the present study, we investigated whether the association with maternal smoking persisted to the age of 9–10 years.

Methods: The study population comprised children born between April 1, 1991 and March 31, 1999, and their mothers. The dependent variables—childhood overweight and obesity at 5 and 9–10 years of age—were defined according to internationally acknowledged cut-off values. Maternal smoking during early pregnancy was used as the independent variable.

Results: Mothers who completed a specifically designed questionnaire gave birth to a total of 1644 infants during the study period. Anthropometric data were collected from 1302 of these children during medical checkups at 9–10 years of age (follow-up rate: 79.2%). Maternal smoking during early pregnancy was associated with obesity in 9- to 10-year-old children (adjusted odds ratio, 1.91; 95% confidence interval, 1.03–3.53). However, the point estimates at the age of 9–10 years were considerably lower than those at the age of 5 years.

Conclusions: Our results suggest that fetal environment, including exposure to maternal smoking, continues to be associated with childhood obesity at the age of 9–10 years.

Key words: smoking; pregnancy; life styles; obesity; fetal programming

INTRODUCTION

The increasing prevalence of childhood obesity will lead to marked increases in the number of overweight adults and higher incidences of obesity-related diseases, including coronary heart disease, high blood pressure, and adult-onset type 2 diabetes.¹ Many studies have identified risk factors for childhood obesity, including eating behavior and physical activity.² In addition, the findings of some studies on the fetal programming of chronic diseases, including obesity-related diseases, are consistent with the Barker hypothesis, which states that fetal adaptations to intrauterine undernutrition may have permanent and specific short- and long-term effects on the development of various organ systems, including the cardiovascular and metabolic systems.^{3–6} However, no study on fetal programming has examined the effects of the factors influencing intrauterine undernutrition, such as maternal smoking during pregnancy, maternal body mass index, and weight gain during pregnancy. Several investigators have suggested that maternal smoking

during pregnancy increases the child's risk of obesity, during childhood and/or adulthood.^{7–13} We previously reported that maternal smoking during pregnancy may influence the onset of obesity and overweight in 5-year-old children in Japan.¹⁴ We also suggested that children whose mothers skipped breakfast before pregnancy were more likely to become obese and overweight¹⁴ because skipping breakfast may lead to inadequate nutritional intake.¹⁵ Because maternal smoking during pregnancy and skipping breakfast may both be associated with intrauterine undernutrition and fetal programming, these maternal habits are important factors for consideration in investigations of childhood obesity and overweight. Although there have been many longitudinal studies on these associations,¹⁶ no study has compared results obtained at 2 different time points from the same cohort.

In this study, we used data obtained from a prospective cohort survey to investigate whether the associations of maternal smoking and skipping breakfast during pregnancy with childhood obesity persist to the age of 9–10 years.

Address for correspondence. Zentaro Yamagata, Professor, Department of Health Sciences, School of Medicine, University of Yamanashi, 1110 Shimokato, Chuo, Yamanashi 409-3898, Japan (e-mail: zenymgt@yamanashi.ac.jp).

Copyright © 2009 by the Japan Epidemiological Association

METHODS

Participants and study design

The study population comprised children who were born between April 1, 1991 and March 31, 1999 in Kosshu City, Yamanashi Prefecture, Japan, and their mothers. All are participants in Project Kosshu (formerly Project Enzan), an ongoing prospective cohort study of pregnant women and their children in rural Japan, which commenced in 1988. Details of this project were described in our previous report.¹⁴ First, we conducted a questionnaire-based survey to investigate the lifestyles of the expectant mothers who visited the city office to register their pregnancy. Informed consent was obtained from all participants before the survey. Next, we administered a questionnaire regarding the lifestyle habits of these mothers and their children at each medical checkup of the children. During the checkups, we also obtained data on the growth and physical characteristics of the children.

This study was approved by the Ethical Review Board of Yamanashi University School of Medicine, and was conducted in accordance with the "Guidelines Concerning Epidemiological Research" (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology and the Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan), with the cooperation of the Kosshu City administration office.

Collection of data on exposures

Data on maternal lifestyle immediately before pregnancy and smoking status during early pregnancy were obtained from the mothers by administering a self-report questionnaire at the time of pregnancy registration. In the study region, over 80% of expectant mothers registered their pregnancy during the first trimester, and almost all expectant mothers registered by the 18th gestational week. We recorded maternal lifestyle habits at the point "immediately" before pregnancy because almost all pregnant women experience nausea and vomiting during early pregnancy,^{17,18} which may cause them to change their usual activities.¹⁷ In this study, we used the following items derived from the findings of our previous study as independent variables¹⁴: maternal age and body mass index (BMI); sleep duration (<8 or ≥8 h/d); smoking status during early pregnancy (smoker, former smoker, or never smoker); and breakfast habits (eating breakfast daily or not). Other lifestyle factors were not included in this study as independent variables because they were not significantly associated with childhood obesity and overweight in our previous study.¹⁴ The body height and weight of women at the time of pregnancy registration were measured and recorded in the Maternal and Child Health Handbook by an obstetrician or a midwife. We used BMI as a parameter for the evaluation of maternal obesity. The maternal BMI was calculated, according to World Health Organization (WHO) standards, as body weight (kg)/height (m²).

Outcome

Data on the height and body weight of the children were obtained from physical measurements collected during their medical checkup at 5 years of age. These parameters were measured again during medical checkups for grade 4 children at elementary schools, ie, when the children were aged 9–10 years. Height was measured using a stadiometer (unit: 0.1 cm), and body weight was measured using conventional weighing scales (unit: 100 g).

Obesity and overweight in children aged 5 years and 9–10 years are generally defined on the basis of BMI.^{10,19,20} The definitions of childhood obesity and overweight have been established previously²¹ and are based on international data obtained from 6 large, nationally representative cross-sectional surveys on growth from Brazil, Great Britain, Hong Kong, the Netherlands, Singapore, and the United States. BMIs of 25 and 30 are widely accepted as the adult cut-off points for overweight and obesity, respectively.²¹

Statistical analysis

We first used the chi-square test to assess the association of maternal smoking during early pregnancy and other lifestyle habits prevalent immediately before pregnancy with childhood obesity and overweight. Although we previously observed an association at 5 years of age in the same population,¹⁴ not all the participants could be followed up at 9–10 years of age. Therefore, we used a new dataset to evaluate this association at 5 years of age and to examine the continuity of this association from 5 years of age to 9–10 years of age.

We subsequently used multiple logistic regression analysis to adjust the variables and the confounding factors, ie, maternal age and BMI. These analyses were based on the procedures described in our previous study.¹⁴ All analyses were conducted using SAS software, version 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA).

RESULTS

Participants

Mothers who completed the questionnaire gave birth to a total of 1644 babies during the study period. Anthropometric data were collected from 1239 of these children during medical checkups when they were 5 years old (follow-up rate: 75.4%). Among these children, 37 (3.0%) were obese and 135 (10.9%) were overweight. Among 61 (4.9%) of these children, there was a history of maternal smoking during early pregnancy.

Anthropometric data were also collected from 1302 of these children during medical checkups at 9–10 years of age (follow-up rate: 79.2%). Among these children, 58 (4.5%) were obese and 217 (16.7%) were overweight. Among 71 (5.5%) of these children, there was a history of maternal smoking during early pregnancy.

Table 1. Comparison of characteristics of smoking and nonsmoking mothers

Variables	Smoking mothers	Nonsmoking mothers	P value*
Maternal age (years)	27.8 ± 4.6	28.9 ± 4.2	0.02
Registration of pregnancy (weeks)	12.8 ± 5.4	10.7 ± 3.3	<0.001
Maternal body mass index (kg/m ²)	21.0 ± 3.6	20.8 ± 2.8	0.58
Birth weight of infant (g)	2898 ± 471	3069 ± 411	<0.001
Gestational age at birth (weeks)	38.8 ± 1.4	39.0 ± 1.4	0.30
(Means ± Standard Deviation)			
Sex of infant			
Male	53	761	0.38
Female	44	761	
Intrauterine growth			
Small-for-gestational-age	16	100	<0.001
Appropriate- or Large-for-gestational-age	81	1416	

*P values for continuous variables were calculated by using the *t* test; P values for categorical variables were calculated by using the chi-square test.

Table 2. Adjusted odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI) for maternal lifestyle factors that affected childhood obesity at age 5 years

Lifestyle factor	n*	Number of obese children	Number of non-obese children	Crude		Adjusted†	
				OR	95% CI	OR	95% CI
Smoking during early pregnancy	1218						
Current smoker		8	53	6.09	(2.65–13.99)	5.04	(1.82–13.92)
Former smoker or Never smoker		28	1129				
Sleep duration	1239						
More than 8 h/d		8	523	0.36	(0.16–0.79)	0.45	(0.18–1.08)
Less than 8 h/d		29	679				
Breakfast consumption	1223						
Occasionally skip		13	218	2.41	(1.21–4.80)	3.55	(1.52–8.25)
Never skip		24	968				

*n, number of participants who answered this question.

†Adjusted by maternal age, maternal body mass index, smoking status, sleep duration, and breakfast consumption.

We compared the characteristics of smoking and nonsmoking mothers and their children (Table 1). The birth weight of the children whose mothers had smoked during early pregnancy was significantly lower. Moreover, these children were significantly more likely to be small-for-gestational-age infants.

Crude relationship between maternal lifestyle and childhood overweight and obesity at 5 years of age (Tables 2 and 3)

The crude odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CIs) for maternal lifestyle habits during early pregnancy that were associated with the weight status of the children at age 5 years are listed in Tables 2 (obesity) and 3 (overweight).

The prevalence of childhood obesity was significantly higher among children with a history of maternal smoking during early pregnancy than among those without such a history (crude OR, 6.09; 95% CI, 2.65–13.99). The prevalence of obesity was also significantly higher among children whose mothers did not eat breakfast daily during early pregnancy than among those whose mothers had eaten breakfast daily

(crude OR, 2.40; 95% CI, 1.21–4.80). The results obtained for the association between childhood overweight and maternal lifestyle were similar to those of the obesity analysis. However, the point estimates for childhood overweight were lower than those for childhood obesity.

Adjusted relationship between maternal lifestyle and childhood overweight and obesity at 5 years of age (Tables 2 and 3)

We next conducted a multiple logistic regression analysis to adjust for confounding factors, ie, maternal BMI and maternal age, and to further analyze the significance of the associations between maternal lifestyle factors (smoking status, sleep duration, and breakfast consumption during early pregnancy) and childhood obesity (Table 2) and overweight (Table 3). The analysis revealed that maternal smoking was associated with overweight in the children at the age of 5 years (adjusted OR, 2.82; 95% CI, 1.41–5.64). Children whose mothers had skipped daily breakfast were more likely to become overweight (adjusted OR, 1.99; 95% CI, 1.23–3.20). Furthermore, children whose mothers had smoked during

Table 3. Adjusted odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI) for maternal lifestyle factors that affected childhood overweight at age 5 years

Lifestyle factor	n*	Number of overweight children	Number of normal weight children	Crude		Adjusted [†]	
				OR	95% CI	OR	95% CI
Smoking during early pregnancy	1218						
Current smoker		15	46	2.84	(1.54–5.25)	2.82	(1.41–5.64)
Former smoker or Never smoker		119	1038				
Sleep duration	1239						
More than 8 h/d		43	488	0.59	(0.40–0.86)	0.69	(0.45–1.05)
Less than 8 h/d		92	616				
Breakfast consumption	1223						
Occasionally skip		37	194	1.76	(1.17–2.65)	1.99	(1.23–3.20)
Never skip		97	895				

*n, number of participants who answered this question.

[†]Adjusted by maternal age, maternal body mass index, smoking status, sleep duration, and breakfast consumption.

Table 4. Adjusted odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI) for maternal lifestyle factors that affected childhood obesity at age 9–10 years

Lifestyle factor	n*	Number of obese children	Number of non-obese children	Crude		Adjusted [†]	
				OR	95% CI	OR	95% CI
Smoking during early pregnancy	1282						
Current smoker		10	61	4.06	(1.96–8.42)	2.56	(1.02–6.38)
Former smoker or Never smoker		47	1164				
Sleep duration	1302						
More than 8 h/d		21	530	0.76	(0.44–1.32)	1.05	(0.57–1.95)
Less than 8 h/d		37	714				
Breakfast consumption	1287						
Occasionally skip		18	231	1.94	(1.09–3.45)	1.99	(1.01–3.94)
Never skip		40	998				

*n, number of participants who answered this question.

[†]Adjusted by maternal age, maternal body mass index, smoking status, sleep duration, and breakfast consumption.

early pregnancy exhibited an independent elevated risk for obesity when compared with children whose mothers were former or never smokers (adjusted OR, 5.04; 95% CI, 1.82–13.92). Similarly, children whose mothers did not eat breakfast daily during early pregnancy were more likely to become obese (adjusted OR, 3.55; 95% CI, 1.52–8.25).

Crude relationship between maternal lifestyle and childhood overweight and obesity at 9–10 years of age (Tables 4 and 5)

The crude odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CIs) for maternal lifestyle habits during early pregnancy that affected the weight status of the children at age 9–10 years are listed in Tables 4 (obesity) and 5 (overweight).

The prevalence of childhood obesity was significantly higher among the children whose mothers had smoked during early pregnancy than among those whose mothers had not smoked (crude OR, 4.06; 95% CI, 1.96–8.42). It was also significantly higher among children whose mothers did not eat breakfast daily during early pregnancy than among children whose mothers had not skipped breakfast (crude OR, 1.94;

95% CI, 1.09–3.45). The results regarding the association between childhood overweight and maternal lifestyle factors were similar to those of the obesity analysis. However, the point estimates for childhood overweight were lower than those for childhood obesity.

Adjusted relationship between maternal lifestyle and childhood overweight and obesity at 9–10 years of age (Tables 4 and 5)

In this analysis, maternal smoking status was associated with overweight in the children aged 9–10 years (adjusted OR, 1.91; 95% CI, 1.03–3.53). In addition, the children whose mothers did not eat breakfast daily were likely to become overweight (adjusted OR, 2.15; 95% CI, 1.47–3.16). Furthermore, the children whose mothers had smoked during early pregnancy exhibited an independent elevated risk for obesity when compared with children whose mothers were former or never smokers (adjusted OR, 2.56; 95% CI, 1.02–6.38). Similarly, the children whose mothers did not eat breakfast daily during early pregnancy were more likely to become obese (adjusted OR, 1.99; 95% CI, 1.01–3.94).

Table 5. Adjusted odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI) for maternal lifestyle factors that affected childhood overweight at age 9–10 years

Lifestyle factor	n*	Number of overweight children	Number of normal weight children	Crude		Adjusted	
				OR	95% CI	OR	95% CI
Smoking during early pregnancy	1282						
Current smoker		21	50	2.22	(1.30–3.77)	1.91	(1.03–3.53)
Former smoker or Never smoker		193	1018				
Sleep duration	1302						
More than 8 h/d		76	475	0.69	(0.51–0.94)	0.76	(0.54–1.06)
Less than 8 h/d		141	610				
Breakfast consumption	1287						
Occasionally skip		64	185	2.03	(1.46–2.83)	2.15	(1.47–3.16)
Never skip		151	887				

*n, number of participants who answered this question.

†Adjusted by maternal age, maternal body mass index, smoking status, sleep duration, and breakfast consumption.

DISCUSSION

In this prospective cohort study of Japanese participants, we analyzed data collected from pregnant mothers at the time of pregnancy registration (ie, when the children were fetuses) and followed the children to age 9–10 years. The main finding of this study was that the association of maternal smoking during pregnancy with childhood obesity at 5 years of age persisted to 9–10 years of age. These results are consistent with those of a study by Montgomery and Ekblom,⁷ which assessed the impact of maternal smoking during pregnancy on adult obesity (the National Child Development Study [NCDS] cohort). Although our point estimates were considerably higher than those obtained in previous studies, the difference in the effect sizes might be due to differences between studies with respect to the participants' ages. In addition, the results of the present study are similar to and consistent with those of our previous study.¹⁴

Childhood obesity can result from childhood lifestyle factors, such as dietary habits and physical activity,² and the effects of these environmental factors on childhood obesity may be more pronounced at the age of 9–10 years than at the age of 5 years. Therefore, the effects of conditions present during the fetal stage or infancy on childhood obesity may no longer be present at the age of 9–10 years. Indeed, our point estimates for the association between maternal smoking during pregnancy and childhood obesity at the age of 9–10 years were considerably lower than those obtained at the age of 5 years.

It has been postulated that smoking affects childhood obesity via intrauterine exposure to smoke, which could result in the birth of an undernourished newborn baby. This nutritional deprivation may lead to increased nutrient absorption later and, ultimately, postnatal obesity. It has been reported that undernutrition during pregnancy increases the risk of adult obesity,²² causes intrauterine growth retardation, and increases the risk of abnormal glucose tolerance.²³ Our results were consistent with these reports.

It is believed that there is a positive dose–response association between both the duration and quantity of maternal smoking and childhood obesity.²⁴ It is important to note, therefore, that not every woman who smoked during early pregnancy continued to smoke up to delivery in this study.²⁴ In our study, women who smoked during early pregnancy comprised women who quit smoking during early pregnancy, those who quit smoking during late pregnancy, and those who continued to smoke up to delivery. Therefore, our results also suggest that maternal smoking cessation during pregnancy affects childhood obesity and overweight.

Our results suggest that a mother's not eating breakfast daily immediately before pregnancy is an independent risk factor for childhood obesity and overweight. Williams suggested that nutrient intake was substantially more likely to be inadequate in people who skipped breakfast than in those who did not.¹⁵ Therefore, women who do not eat breakfast daily may be undernourished. Remacle et al demonstrated that adulthood obesity principally occurs in people who are malnourished during early gestation,²² and our results are consistent with theirs. Although many studies have been conducted to clarify the relation between undernutrition in pregnant mothers and the development of obesity in their children, most of these studies fail to consider that low birth weight and intrauterine growth retardation may be caused by maternal smoking during pregnancy.^{25,26} Therefore, the association between low birth weight and childhood obesity may be confounded by maternal smoking. In this regard, our results are extremely valuable for clarifying the mechanism involved in the fetal programming of obesity-related diseases.

We believe that our study has certain strengths. Many birth cohort studies have been conducted worldwide; however, most of these have not investigated the effects of maternal lifestyle habits such as smoking during early pregnancy. Moreover, almost all pregnant women in Japan register their pregnancy at a city office in order to obtain health care services during pregnancy. Consequently, we were able to

obtain data from almost every pregnant woman in the study region during the study period because we collected data at the time of pregnancy registration (ie, during the fetal stage of the child's life). We consider this to be one of the main advantages of our study.

Furthermore, because the children whose mothers had completed the questionnaire during early pregnancy were followed until the age of 5 and then to the age of 9–10 years, the follow-up period for a participant was approximately 10 years, and our total study period was approximately 18 years. Although it is usually quite difficult to follow study participants over such an extended period, the follow-up rate of our study was relatively high (79.2% at 9–10 years of age). This high rate can be attributed to the fact that most of the city's population had not migrated elsewhere and that we were able to obtain data on the height and body weight of the children at age 9–10 years from physical measurements taken during medical checkups for grade 4 children, which are conducted in all the elementary schools in Kosshu city. This is another advantage of our study.

Finally, by using data from different periods of childhood growth, we were able to confirm that the association between maternal lifestyle habits during early pregnancy and childhood obesity is observable from the time the children are 5 years old and continues to be so until they are at least 9–10 years old. We believe that our results, which confirm the association between maternal lifestyle habits during pregnancy and childhood obesity, are thus very important.

This study does, however, possess certain limitations. In order to examine the continuity of the association between maternal smoking during pregnancy and childhood obesity, we could have examined continuity on the basis of monitoring individual participants rather than a study population. If we had used the former method, however, we would have been unable to maintain such a high follow-up rate and to externally validate our results, because the follow-up rate at 5 years of age was lower than that at 9–10 years of age. Therefore, we preferred to use all collected data and to examine continuity in the study population as a whole.

Although we designed a questionnaire to obtain data on maternal lifestyle habits such as smoking during early pregnancy, the validity of this questionnaire was not examined. However, a previous study demonstrated that pregnant women reported their own smoking habits very accurately.²⁷ On the basis of this report, we believe that our results are valid. Another limitation of this study is that we did not obtain data on the height and weight of the fathers of the children in this study. Therefore, the effects of paternal genetic factors could not be investigated. Although we lacked data on paternal BMI, parental weight status—which reflects the genetic predisposition of the children to obesity and overweight—was partially addressed by the inclusion of maternal BMI in the analysis. We were also unable to obtain data on complications arising in the women, weight gain

during pregnancy, and fetal abnormalities because this study was not conducted in a clinical setting. With regard to the analyses, we were unable to adjust for the socioeconomic status of the participants, which might be a potential confounding factor. However, we believe that the effect of this was relatively small because Japanese socioeconomic differentials are not as large as those in many foreign countries, including the United States.²⁸ Finally, we could not obtain data on maternal smoking trends at various stages of pregnancy. Therefore, we could not examine the possibility of a dose–response association between maternal smoking during pregnancy and subsequent childhood obesity in this study.

In conclusion, our results suggest that both the smoking status and dietary habits of women during and before pregnancy should be considered when investigating the association between fetal undernutrition and the postnatal development of the child. Thus, our results are important from a clinical perspective and with regard to public health. Moreover, we believe that good maternal lifestyle habits during and before pregnancy contribute significantly to the prevention of childhood obesity.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the participants, who provided informed consent for the use of their personal data in scientific research. We are also grateful to the Administrative Office of Kosshu City for its cooperation.

This work was supported by KAKENHI (20590639). All authors report no financial disclosures or conflicts of interest for this study.

REFERENCES

1. Barker DJ. Obesity and early life. *Obes Rev.* 2007;8 Suppl 1:45–9.
2. Agras WS, Mascola AJ. Risk factors for childhood overweight. *Curr Opin Pediatr.* 2005;17:648–52.
3. Barker DJ, Osmond C. Infant mortality, childhood nutrition, and ischaemic heart disease in England and Wales. *Lancet.* 1986;1:1077–81.
4. Barker DJ. *Mothers, Babies, and Disease in Later Life.* London, UK: BMJ Publishing; 1994.
5. Barker DJ. In utero programming of chronic disease. *Clin Sci (Lond).* 1998;95:115–28.
6. Barker DJ, Osmond C, Golding J, Kuh D, Wadsworth ME. Growth in utero, blood pressure in childhood and adult life, and mortality from cardiovascular disease. *BMJ.* 1989;298:564–7.
7. Montgomery SM, Ekbom A. Smoking during pregnancy and diabetes mellitus in a British longitudinal birth cohort. *BMJ.* 2002;324:26–7.
8. Power C, Jefferis BJ. Fetal environment and subsequent obesity: a study of maternal smoking. *Int J Epidemiol.* 2002;31:413–9.
9. Toschke AM, Koletzko B, Slikker W Jr, Hermann M, von Kries

- R. Childhood obesity is associated with maternal smoking in pregnancy. *Eur J Pediatr*. 2002;161:445–8.
10. von Kries R, Toschke AM, Koletzko B, Slikker W Jr. Maternal smoking during pregnancy and childhood obesity. *Am J Epidemiol*. 2002;156:954–61.
 11. Toschke AM, Montgomery SM, Pfeiffer U, von Kries R. Early intrauterine exposure to tobacco-inhaled products and obesity. *Am J Epidemiol*. 2003;158:1068–74.
 12. Vik T, Jacobsen G, Vatten L, Bakketeig LS. Pre- and post-natal growth in children of women who smoked in pregnancy. *Early Hum Dev*. 1996;45:245–55.
 13. Wideroe M, Vik T, Jacobsen G, Bakketeig LS. Does maternal smoking during pregnancy cause childhood overweight? *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2003;17:171–9.
 14. Mizutani T, Suzuki K, Kondo N, Yamagata Z. Association of maternal lifestyles including smoking during pregnancy with childhood obesity. *Obesity (Silver Spring)*. 2007;15:3133–9.
 15. Williams P. Breakfast and the diets of Australian adults: an analysis of data from the 1995 National Nutrition Survey. *Int J Food Sci Nutr*. 2005;56:65–79.
 16. Oken E, Levitan EB, Gillman MW. Maternal smoking during pregnancy and child overweight: systematic review and meta-analysis. *Int J Obes (Lond)*. 2008;32:201–10.
 17. O'Brien B, Naber S. Nausea and vomiting during pregnancy: effects on the quality of women's lives. *Birth*. 1992;19:138–43.
 18. Sheehan P. Hyperemesis gravidarum—assessment and management. *Aust Fam Physician*. 2007;36:698–701.
 19. Sekine M, Yamagami T, Hamanishi S, Handa K, Saito T, Nanri S, et al. Parental obesity, lifestyle factors and obesity in preschool children: results of the Toyama Birth Cohort Study. *J Epidemiol*. 2002;12:33–9.
 20. Poskitt EM. Defining childhood obesity: the relative body mass index (BMI). European Childhood Obesity group. *Acta Paediatr*. 1995;84:961–3.
 21. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320:1240–3.
 22. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation presented at the World Health Organization, June 3–5, 1997, Geneva, Switzerland, Publication WHO/NUT/NCD/98.1.
 23. Ravelli GP, Stein AZ, Susser MW. Obesity in young men after famine exposure in utero and early infancy. *N Engl J Med*. 1976;295:349–53.
 24. Sharma AJ, Cogswell ME, Li R. Dose-response associations between maternal smoking during pregnancy and subsequent childhood obesity: effect modification by maternal race/ethnicity in a low-income US cohort. *Am J Epidemiol*. 2008;168:995–1007.
 25. Ergaz Z, Avgil M, Ornoy A. Intrauterine growth restriction—etiology and consequences: what do we know about the human situation and experimental animal models? *Reprod Toxicol*. 2005;20:301–22.
 26. Remacle C, Bieswal F, Reusens B. Programming of obesity and cardiovascular disease. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28:S46–53.
 27. Klebanoff MA, Levine RJ, Morris CD, Hauth JC, Sibai BM, Ben Curet L, et al. Accuracy of self-reported cigarette smoking among pregnant women in the 1990s. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2001;15:140–3.
 28. Shibuya K, Hashimoto H, Yano E. Individual income, income distribution, and self rated health in Japan: cross sectional analysis of nationally representative sample. *BMJ*. 2002;324:16–9.

シンポジウム 4

予防につながる傷害予防活動
—発生数, 重症度を計測する—

事故・傷害情報を対策法へと加工する
工学的アプローチ

西 田 佳 史 (産業技術総合研究所)
山 中 龍 宏 (緑園こどもクリニック)
宮 崎 祐 介 (金沢大学)
本 村 陽 一 (産業技術総合研究所)

I. はじめに

事故による傷害を予防するためには、病院で事故状況や傷害の情報を収集するだけでは不十分である。収集されたデータを適切な人に適切な形に加工して伝達してはじめて、実際の予防に活かすことが可能となる。しかし、日本と比較すると、データ量において大きく先行している傷害サーベイランスシステムを持つ諸外国ですら、最近になって「Data to Action (データから対策実施へ)」という目標を掲げなければならなかったように、予防につながるための傷害データの加工は意外と難しい。

本稿では、まずはじめに、遊具からの転落による頭蓋骨骨折の事故事例を取り上げ、病院で受け取られた傷害や事故データを具体的な対策法に結びつけるための工学的なアプローチを紹介する。ここで紹介するケーススタディは、横浜市と被災者の協力のもと進められたものである。次に、この事例を振り返り、病院で収集された傷害や事故の情報を、対策法へと加工するまでのアプローチや事故予防に必要な考え方を整理する。なお、本稿で紹介する原因究明は、平成19年度 経済産業省安全知識循環型社会構築事業の一環として取り組まれたものである。

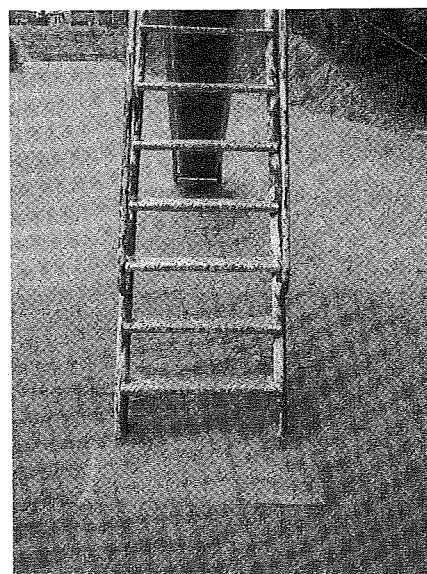


図1 転落による頭部傷害が発生した滑り台 (滑り台全景と階段部分の拡大)

産業技術総合研究所 臨海副都心センター本館 デジタルヒューマン研究センター
〒135-0064 東京都江東区青海2-41-6
Tel : 03-3599-8318 Fax : 03-5530-2066

II. 遊具転落事故の事例研究

～事故・傷害情報を対策法へと加工する工学～

2007年10月1歳11か月の女兒が図1に示す滑り台の階段部分から転落し、階段の下にあったコンクリートと衝突し、右側頭蓋骨の骨折と硬膜外血腫に至った。脳外科に4日間入院したのち退院し、現在、後遺症はない。幸い被災者の家族と公園管理を行う自治体の協力が得られることになり、原因究明と対策法の検討を行った。ここでは、この滑り台からの転落事故を例題に、傷害データを加工し、対策法へと加工するまでの工学的なアプローチを紹介したい。

1. 現場での聞き取り調査と環境データの計測

事故の原因究明のための第一のステップは、事故を再現することである。ここでの事故の再現とは、事故発生前の状況から事故・傷害発生までのプロセスを再現することである。通常、病院での傷害サーベイランスで集められるデータから、傷害を負った子どもの情報(今回のケースでは、1歳11か月・女兒・体重10kg・身長81.6cm)、原因となった製品の種類、傷害の診断情報・治療情報(今回のケースでは、頭部のレントゲン)などが得られるが、これらの情報だけでは事故を再現できないことが多い。そのような場合、再現のために足りない情報を得るために、実際に現場に行き、環境のデータ(形状や材質のデータ)を計測する作業や、被災者や保護者から事故発生前後の状況の詳しい情報を直接聞き取る作業が必要となる。

今回の事例では、公園に行き、3次元レーザスキャナーと呼ばれる計測機器を使って滑り台の形状データを計測した。公園遊具の場合、設置されてから長い期間が過ぎ、その間に何らかの修繕がされていたりして、現存する遊具そのものの3次元データが図面などで入手困難な場合がある。そのような時、3次元レーザスキャナーを使えば、形状データを1mm程度の精度で手早く計測することが可能であり、現場の電子的な記録や保存に利用可能になっている。図2は3次元レーザスキャナーで計測された事故現場のデータである。図2は一見すると通常の写真のように見えるが、実際には(X, Y, Z)の3次元座標値を持つ大量の点群データから構成されており、滑り台の高さや階段の幅などの寸法を研究所において計算機上で「計測」することが可能である。

さらに、被災者の保護者の協力を得て、事故発生前後の状況の詳しい情報を聞き取った。得られた情報は以下のとおりである。

(事故発生前)

- ・階段3段目に立ち、左側手すりを両手保持していた。

(事故発生から直後)

- ・コンクリートの上に右側頭部が衝突し、バウンドした。

2. コンピュータシミュレーションによる事故状況の再現

次のステップは、事故現場で行った聞き取り調査のデータ、環境データ、病院から得られた

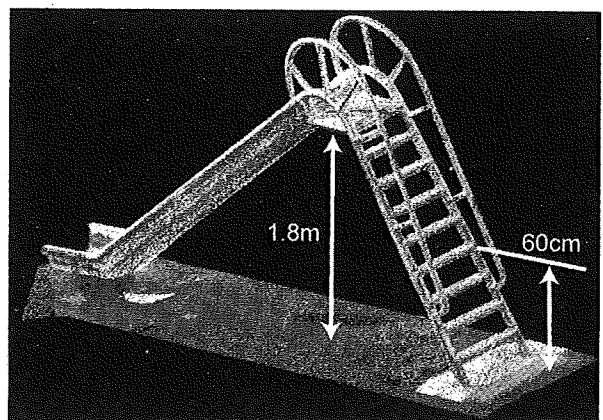
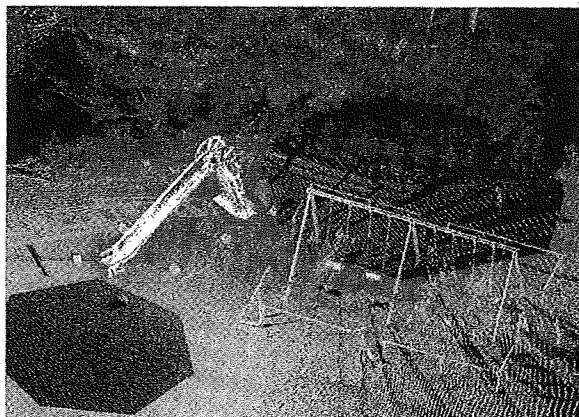


図2 3Dスキャナーで記録・保存された事故現場

子どもの身体や傷害データに基づいて、コンピュータシミュレーションを行うことで事故と傷害のプロセスを再現することである。一般に、いくら情報を集めても、事故そのものを計測しているわけではないため、不足情報がどうしても出てくる。生身の子どもの転落してもらうような実験は倫理上許されないので、計算機上で子どもと同じ形と重さを持つ仮想的な子どものモデルを作成し、これを用いてコンピュータシミュレーションする技術が不可欠となる。シミュレーションを行い欠けた情報を補完することで事故状況を再現する。

今回は、3次元レーザスキャナーのデータを用いて遊具の3次元形状モデルを作成した。子どもの体に関しては、全身を17個のパーツに分け、16個の関節で接合したマルチボディモデル

を作成した¹⁾。特に、頭部に関しては、有限要素法と呼ばれる工学的手法を用いて、頭蓋骨や脳にかかる衝撃（応力）を詳しく計算するための有限要素モデルを作成した。

このような準備を行ったうえで、コンピュータシミュレーションによって、200パターン以上の落ち方をシミュレーションし、今回生じた頭部傷害の内容と聞き取り調査に合致する落下状況を再現する作業を行った。図3は、マルチボディモデルによる落下シミュレーションの様子を示している。また、図4は、頭部の有限要素モデルによる傷害シミュレーションの様子を示している。ここまでの作業で、事故状況の再現が可能となり、ようやく何が起きたのかが理解できる段階に至ったといえる。

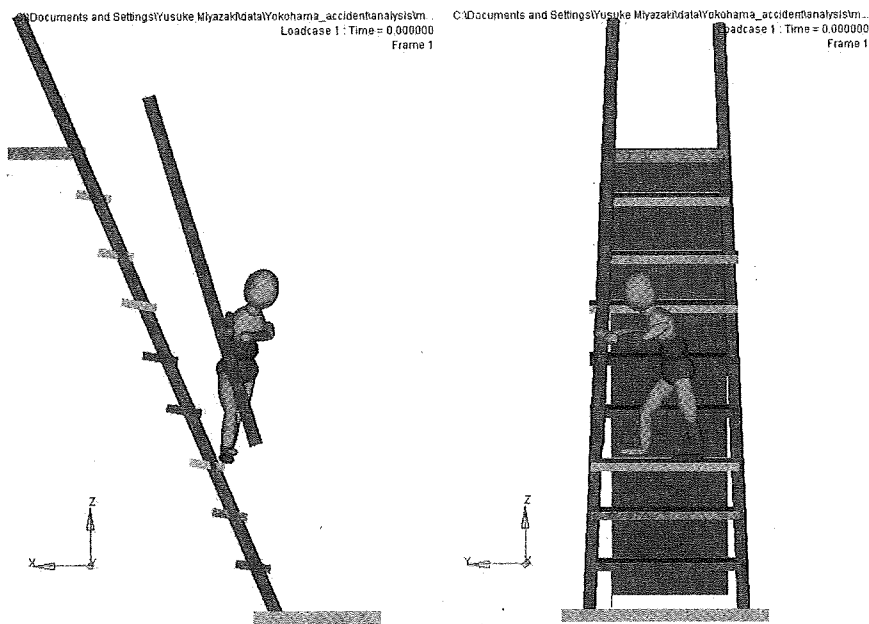


図3 マルチボディモデルによる落下シミュレーションの様子

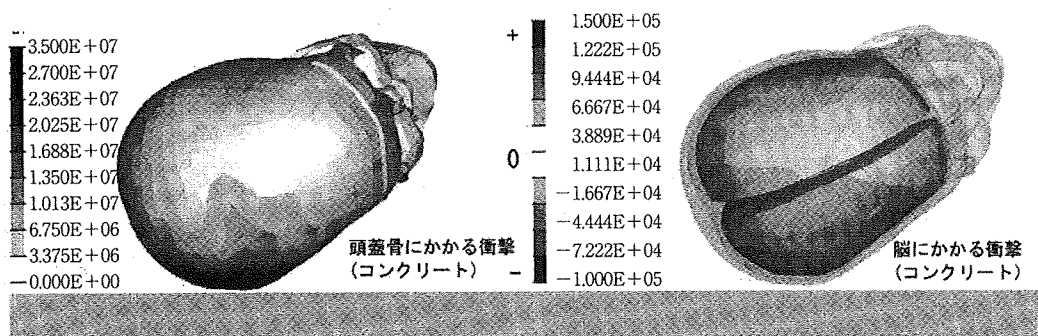


図4 頭部の有限要素モデルによる傷害シミュレーションの様子
(右が頭蓋骨にかかる衝撃（応力）の大きさ、左が脳にかかる衝撃（圧力）の大きさ)

3. 操作可能な環境パラメータの考察と事故シミュレーションによる効果評価

次のステップは、予防法の開発である。そのためには、われわれが何を变化させられるのかを考察し、それを变化させたときの予防効果を評価する必要がある。今回のケースでは、頭蓋骨骨折に至った原因の1つは、接地面がコンクリートであり、これを他の材質に変更することで予防できそうである。そこで、コンクリートをゴムに変更した際の予防効果を検証した。この予防効果の検証にもシミュレーション技術が有用である。接地面をゴムに変え、さきほど事故の再現で明らかとなった落下と同じ状況で落下させてみた時に、頭部にかかる衝撃をシミュレーションで計算することが可能である。

図5は、同じ転落状況科下で、接地面がコン

クリートの場合とゴムの場合で比較したものである。図5中の左上の図の黒い部分は、骨折の危険がある部分を示している。また、図中左下の黒い部分は脳の損傷の危険が高い部分を示している。これに対し、ゴムの場合は、骨折の危険や脳の傷害の危険が減っていることが確認できる。図6は、ゴムに変更した場合の予防効果を評価するために、頭部にかかる衝撃を(a)頭蓋骨にかかる衝撃(応力)、(b)脳にかかる圧力、(c)頭部傷害基準(HIC)と呼ばれる頭部傷害の危険を判定する指標の3つの指標で比較したものである。図6で示された耐性値を超えると、骨折や傷害の危険が高いことを示している。この図で示すように頭蓋骨にかかる衝撃に関しては、94%低減可能であり、脳にかかる圧力も62%~72%低減されている。またHIC

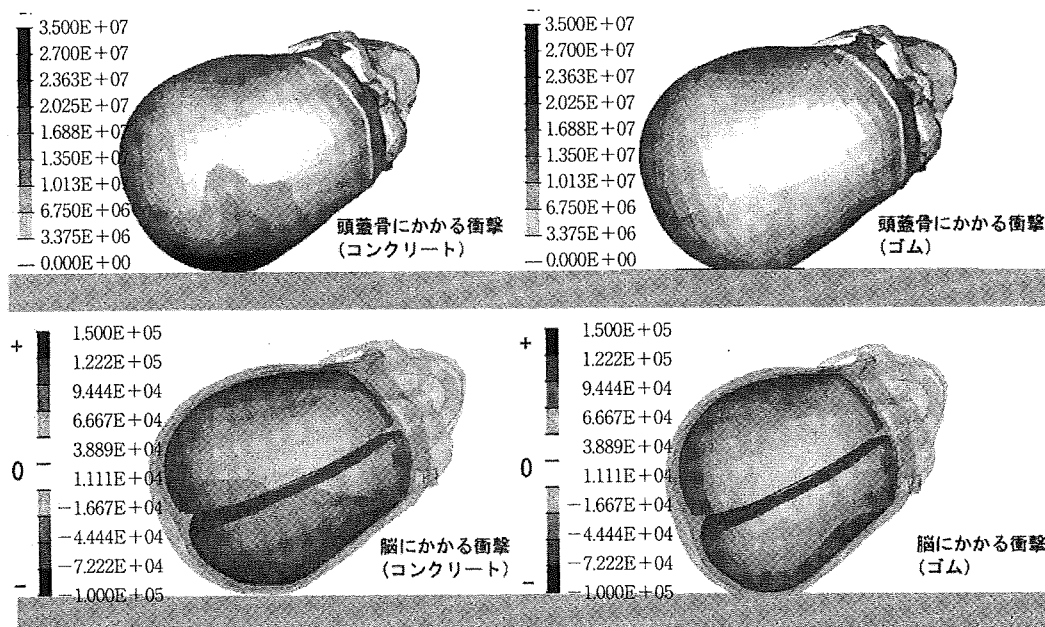


図5 コンクリートをゴムに変えた時の頭部にかかる衝撃のシミュレーションの様子

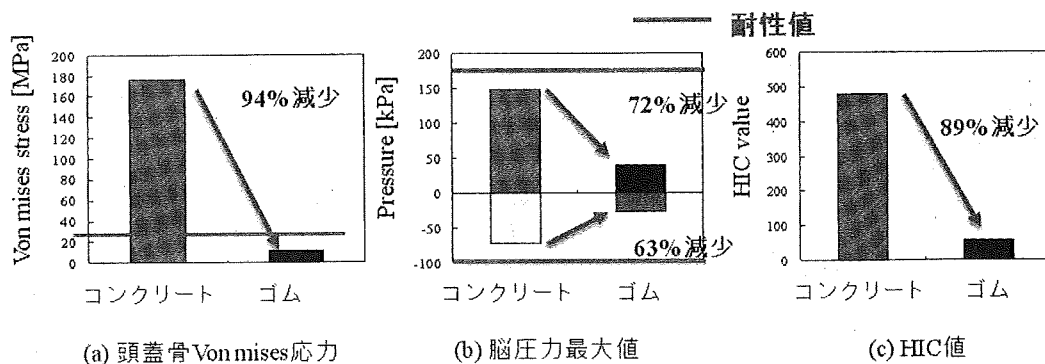


図6 コンクリートをゴムに変えた時の頭部にかかる衝撃の低減効果

という指標で見ても89%の低減効果が確認できる。コンクリートの接地面をゴムへ交換する作業は、その工事の規模にもよるが、比較的安いコストでの設置が可能である。今回の解析結果を公園管理者である横浜市に報告し、その後、この知見に基づいてゴムへ接地面を取り換える工事が行われた。その修繕費用は21万円であった。

4. 事故・傷害情報を事故予防のための対策につなげるプロセスの整理

図7は、ここまで述べてきた事故・傷害情報を対策法へと加工する工学的プロセスを整理した概念図である。プロセスは以下のとおりである。①医療機関におけるサーベイランスで傷害データと事故の状況データ(前後)を収集する。②現場で事故再現に必要な情報をセンサーや聞き取りによって収集する。③環境モデルと人体モデルを用いて、コンピュータシミュレーションで事故状況を再現する。④変更可能な環境パラメータを考察する。⑤変更可能な環境パラメータを変化させ、仮想的な事故をシミュレーションで起こし、その予防効果を評価する。

Ⅲ. 事故による傷害を予防する考え方と方法論

1. 傷害予防を実現する安全知識循環型社会

ここでは、事故による傷害の予防を実現するための社会のあるべき姿について考えてみたい。傷害予防の困難性は、第一に、われわれを取り巻く環境とそこで生じる行動の関係が複雑であり、われわれが考えつく範囲を容易に逸脱し、あらかじめ起こりうることを想定しつくすことが困難である点、第二に、事故を起こすという実験が倫理上許されないために再現実験による分析アプローチが適用できない点にある。それでは、どうすればよいか? 不幸にして起こってしまった事故データを、人類共有の知恵として蓄え、その知恵を活かすことで、明日の担い手となる子どもが健やかに育つように、安全な製品のデザインへとフィードバックし続ける仕組みを作るアプローチが不可欠である。いわゆる、Plan → Do → Check → Action (PDCA サイクル) のループを社会の仕組みとしてどのようにデザインし、社会の中で実装していくのかを考える必要がある。

遊具による傷害データが事故対策の実施にまで至った今回の事例を振り返ると、まず、公

傷害情報を対策法へと加工する技術

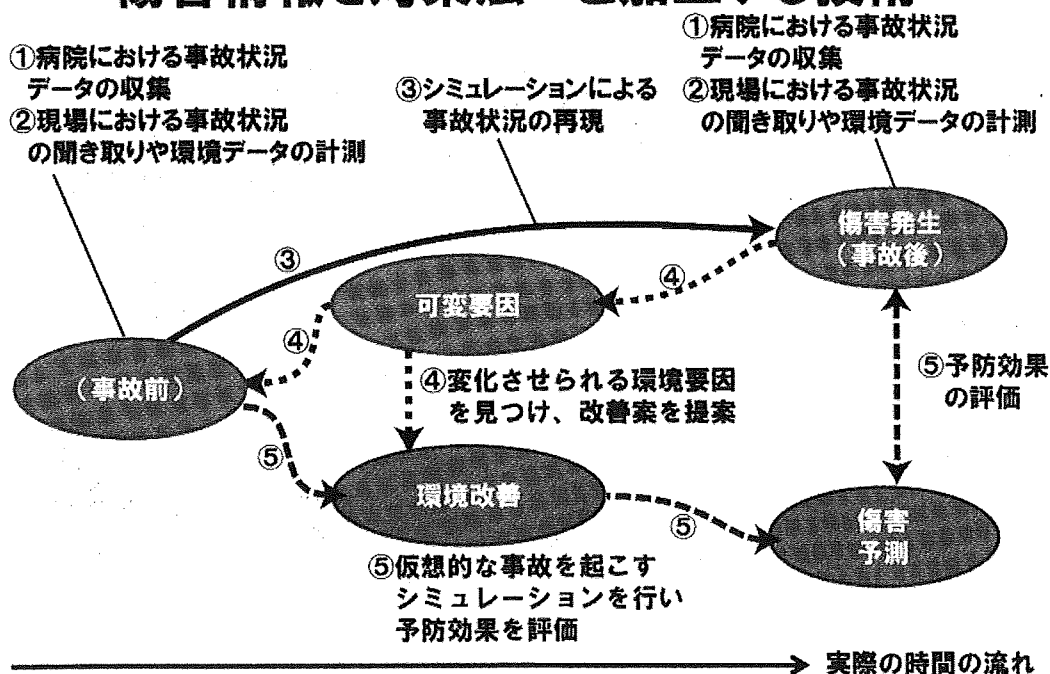


図7 事故・傷害情報を対策法へと加工する工学的プロセス