

診療ノート I ワクチンのエッセンス

戸村 成男

要約

特定の病原体に対する免疫を高めるために投与する抗原をワクチンという。ワクチンは感染症の発症を予防し、流行を抑える。ワクチンには、弱毒化した生きた病原体を用いる生ワクチン、病原体を殺菌もしくは不活化して感染性をなくした不活化ワクチン、細菌などの病原体が産生する毒素を無毒化したもので、毒素に対する抗体が産生されるトキソイドなどがある。

キーワード ワクチン、病原体、感染症、免疫

目次

- I はじめに
- II 感染症とは
- III VPDはワクチンで防げる病気
- IV 代表的なワクチン（表1、表2、表3、表4）
- V 日本の常識は世界の非常識
- VI 新しいワクチン（表1、表2）
- VII 結語

I はじめに

今回から複数回にわたり、医学・医療に関連した話題をとりあげ解説する予定である。皆様の健康の増進に役立てれば幸いである。小論文を読んで質問や感想のある方は、次の連絡先にメールをいただきたい（eメール：tomura@urawa.ac.jp）。

II 感染症とは

初回は、ワクチンについての話であり、特に「こども学部」の保育を担当するスタッフには身近な話題である。ワクチンの話に入る前に、感染症について基礎的な理解をしておこう。

感染症は、病原微生物（病原体）が私たちの生体に侵入して、数を増やしたり（増殖）、毒素を出して起こす病気で、伝染病ともいわれる。感染症の原因となる病原体は、細菌、ウイルス、真菌（かび類）、寄生虫、原虫など数多い。生体は体内に侵入した病原体や毒素に対して、抗原抗体反応（病原体の抗原に対して抗体をつくり抗原を中和する）や白血球の一種であるリンパ球などの細胞の働きによって発病しないように、排除したり、無害なものに

変化させる反応を示す。この反応が免疫（めんえき）である。

感染を受けても、感染症が発症する者（発症者あるいは顕性感染者とよぶ）と発症しない者（不顕性感染者とよぶ）がいる。感染症の発症割合は、病原体によって異なっており、発症割合がとくに高い（100%に近い）感染症としては、狂犬病、麻疹（はしか）、痘そう（天然痘）、水痘（みずぼうそう）などがあげられる。一方、発症割合が低い感染症としては、ジフテリア、流行性脳脊髄膜炎、日本脳炎、ポリオ（ポリオウイルスの感染により四肢に麻痺（まひ）が起こる病気で、小児に多く小児麻痺ともよばれる）などがあげられる。ちなみに常在流行地におけるインフルエンザの発症割合は60%といわれる。

感染症の歴史は生物の発生とともにあり、有史以前から近代まで人の病気の大部分を占めてきた。1920年代に、イギリスのフレミングによって、アオカビから細菌の発育を阻止する抗生物質であるペニシリンが発明されるまで根本的な治療法はなく、感染症は私たち人間に大きな災害を与え続けてきた。

抗生物質は感染症が発病した際に治療に使用されるもので、抗生物質が効かない耐性菌ができたり、アレルギーを生じるなど副作用の問題もあるので、その使用には十分な注意が必要である。

感染症の対策としてさらに効果的なのは、人工的に免疫を与える予防接種であり、予防接種は感染症の発生を予防し、流行を抑えるために行われる。ある特定の病原体に対する免疫を高め、抵抗力を上げるために投与する抗原をワクチンという。ワクチンには、弱毒化した生きた病原体を用いる生ワクチン、病原体を殺菌もしくは不活化して感染性をなくした不活化ワクチン、細菌などの病原体が産生する毒素を無毒化したもので、毒素に対する抗体が産生されるトキソイドなどがある。

Ⅲ VPDはワクチンで防げる病気

ワクチンで防げる病気をVPDとよぶ。VPDとは、Vaccine Preventable Diseasesの略である。Vaccine（ヴァクシーン）＝ワクチン、Preventable（プリヴェンタブル）＝防げる、Diseases（ディージーズ）＝病気、つまり、VPDとは「ワクチンで防げる病気」のことである。医療や公衆衛生の発達したわが国でも、VPDにかかり、それが原因で重い後遺症に苦しんだり命を奪われたりする人（主に子ども）が後を絶たない。

ワクチンが大いに効果を発揮した代表的な例として、痘そう（天然痘）の根絶がある。痘そうは、かつては世界的に猛威を振るった、感染力が強く、死亡率も高い発疹性の急性感染症であるが、世界保健機関（WHO）の根絶作戦が実って、1980年、地球上からの消滅が公式に宣言された。WHOの痘そう根絶計画が成功した理由として、ヒト以外に痘そうウイルスが自然感染を引き起こさないことや、不顕性感染が少なく、感染者が発症して診断や報告がされやすいことに加えて、効果的な痘そうワクチン（種痘）の存在が大きいと考えられている。

世界中には、数多くの感染症が存在するが、すべての感染症がワクチンで予防できるわ

けではなく、中にはマラリヤ、デング熱、C型肝炎ウイルス、HIV（ヒト免疫不全ウイルス、エイズウイルス）のように、ワクチンがないために有効な予防ができず、年間何十万、何百万という人の命を奪っている感染症も少なくない。

ワクチンは感染症の予防に有効であることは確かだが、100%の効果を発揮するわけではなく、一定頻度の副反応があることも知られている。たとえば季節性インフルエンザ（英語：influenza、fluと略される）のワクチンを秋に接種しても、流行期にインフルエンザを発症する人もいるし、注射部位の発赤や腫れ、発熱、悪寒（寒気）、頭痛などの副反応が発現する人もいる。しかし、従来の季節性インフルエンザワクチンには、高齢者や心臓・呼吸器・腎臓などの病気をもっている人の肺炎や重症化を予防したり、入院率や死亡率を下げる効果があり接種がすすめられている。

Ⅳ 代表的なワクチン（表1、表2、表3、表4）

代表的なワクチンとしては、ジフテリア・百日咳（ひやくにちぜき）・破傷風（はしょうふう）の三種混合（DPT）ワクチン、ジフテリア・破傷風混合（DT）トキソイド、破傷風トキソイド、ポリオ生ワクチン、麻しん（はしか）・風しん（三日ばしか）混合（MR）ワクチン、水痘（みずぼうそう）ワクチン、おたふくかぜワクチン、A型肝炎ワクチン、B型肝炎ワクチン、結核予防のためのBCGワクチン、肺炎球菌ワクチンなどがある¹⁾。感染症の予防という立場から多くの予防接種が義務とされてきたが、法律（予防接種法）の改正により、「義務接種」から接種するように努めなければならない「努力義務接種」という勧奨接種（かんしょうせつしゅ）となった。これは、社会状況や個人の意識の変化に伴うもので、感染症の予防が集団防衛から個人防衛へと変化してきたということがいえる。

Ⅴ 日本の常識は世界の非常識

世界のワクチン事情に比較して、わが国のワクチン事情をみたときに、いささか辛辣な表現であるが、「日本の常識は世界の非常識」という言葉がある。

わが国では、2007年に大学生を中心に麻しん（はしか）が流行して、大きな問題になった。また、麻しんは、2008年にも流行した。麻しんが流行すると、肺炎や脳炎を起こしてかなりの数の死亡者が出たり、麻しんにかかって数年してから知能の障害や痙れんを伴う重急性硬化性全脳炎とよばれる恐ろしい難病になることがある。

しかし、世界に目を向けてみると、先進国はもちろん、たとえば南米大陸でも麻しんは撲滅された病気であり、流行しているのは日本とアジア、アフリカの発展途上国ぐらいである。麻しんの発生率がほとんどゼロに近い先進国では、麻しんは大変危険な病気と理解されており、麻しんをはじめとするVPDの撲滅を目指して、ワクチンの接種が積極的に行われている。

わが国では、どうしてこんなに麻しんをはじめとするVPDの発症が多いのかというと、大きな理由は、ワクチンの接種率が欧米などの国に比べて低いことにある。予防接種の必要性和安全性が国民にきちんと伝えられていないために、安全性などワクチンに対する誤解が

多いことや、無料化しているワクチンの種類が少ないことも関係しているといわれている。

VI 新しいワクチン（表1、表2）

次に、最近、わが国でも使用できるようになった新しいワクチンをみてみよう^{2, 3)}。

- ①子宮頸がん予防ワクチン（ヒトパピローマウイルスワクチン）が使用可能となっている。子宮頸がんの原因は、ヒトパピローマウイルスというウイルスの感染によるとされており、このウイルスは性交渉によって人から人へ感染するため、性交渉経験のあるすべての女性が子宮頸がんになる可能性をもっているとされる。わが国では、子宮頸がんワクチンの接種対象は、9歳ないし10歳以上の女性となっており、公費負担が開始された。諸外国における推薦接種対象は、まだ性交渉を経験していない小中学生の女兒で、早期に接種を済ませる政策がとられている。
- ②小児用肺炎球菌ワクチン（7価の肺炎球菌ワクチン、PCV7）も任意予防接種（任意接種）が可能となり、公費負担が開始された。小児用肺炎球菌ワクチンは、細菌性髄膜炎（さいきんせいずいまくえん）など、肺炎球菌による重い感染症を予防する、小児のワクチンである。細菌性髄膜炎は、脳や脊髄の表面をおおっている髄膜に炎症が起こり、発熱、頭痛、意識障害、痙れん、項部硬直（首の後ろ側が固くこわばる）などの症状を呈する重篤な病気である。乳幼児（2歳未満）の肺炎球菌性髄膜炎の予防には、高齢者の肺炎球菌性肺炎の予防に主として使用される、従来からの肺炎球菌23価ワクチンは無効であるため、この小児用肺炎球菌ワクチンが使用される。
- ③生後6ヵ月以降の小児に、ヒブ（Hib）（インフルエンザ桿菌b型をヒブとよぶ）感染による細菌性髄膜炎が増えてくるので、それまでに必要な免疫をつけておく必要がある。ヒブによる細菌性髄膜炎は、ヒブワクチンの登場により、諸外国では極めてまれな疾患となったが、わが国では依然として、ヒブは小児細菌性髄膜炎の最も多い起炎菌である。ヒブワクチンは、WHOが最重要ワクチンの一つとして、すべての国で定期予防接種（定期接種）にすべきだと勧告しているものである。わが国でも、任意接種は可能であり、公費負担が開始された。
- ④ここで定期接種とは、予防接種法で定められた予防接種で、一定の年齢になったら受けることが望ましいとされ、保護者には努力義務が課せられている予防接種である。一方、任意接種は、希望者が医療機関で費用を自己負担して受ける予防接種である。
- ⑤ロタウイルス胃腸炎ワクチンには2種類があり、すでに使用可能である。これらのワクチンはともに、ロタウイルスによる嘔吐や下痢を予防したり、軽くしたりして、結果的に脳炎などの重い合併症も予防する効果をもっている。
- ⑥ワクチン接種後の麻痺（まひ）対策が課題とされていた、ポリオ生ワクチンについては、不活化ワクチンが開発され、不活化ワクチン（DPTワクチンと混合された4種混合ワクチン）への移行が進行中である。

VII 結語

わが国のワクチン事情は欧米に比べかなり遅れているとされてきたが、ようやく感染症対策におけるワクチンの重要性が認識されつつあるといえる状況である。2009年末には厚生科学審議会に予防接種部会が発足し、わが国の予防接種制度を抜本的に改革すべく検討が続けられている。

文献

1. 岡庭 豊（編）. サブノート保健医療・公衆衛生2012（第35版）. メディクメディア, 2012, 469p.
2. Know VPD VPDを知って、子どもを守ろう
http://www.know-vpd.jp/vc/vc_wrlld.htm
3. 日本小児科学会が推奨する予防接種スケジュール, 2011年11月13日
http://www.jpeds.or.jp/saisin/saisin_110427.pdf

表の注釈

- ・定期接種：予防接種法で定められた予防接種で、一定の年齢になったら受けることが望ましいとされ、保護者には努力義務が課せられている。
- ・任意接種：希望者が医療機関で費用を自己負担して受ける予防接種。インフルエンザ・おたふくかぜ・水痘（水ぼうそう）・A型肝炎・B型肝炎・インフルエンザ桿菌b型（ヒブ）・肺炎球菌など。定期接種を対象年齢内に接種しなかった場合も任意接種となる。
- ・三種混合（DPT）：ジフテリア・百日咳・破傷風
- ・二種混合（DT）：ジフテリア・破傷風
- ・ヒトパピローマウイルス（HPV）ワクチン、インフルエンザ桿菌b型（ヒブ）ワクチン、小児肺炎球菌ワクチンの公費負担が開始された。
- ・ロタウイルスワクチン：ロタウイルス胃腸炎は、乳幼児がかかる嘔吐・下痢症で、重症化しやすい。ワクチンとして、ロタリックス（GSK社）、ロタテック（MSD社）の2種類が使用されている。
- ・不活化ポリオワクチン：ウイルスの病原性をなくした不活化ポリオワクチンの製造販売が承認され、今秋には公費による接種が受けられる見込みである。

表1 日本小児科学会が推奨する予防接種スケジュール (2011年11月13日版) (一部を改変) ■定期接種 □任意接種

ワクチン	種類	標準的接種期間	注 意 事 項
インフルエンザ桿菌b型 (ヒブ) □	不活化	①-②-③の間はそれぞれ3～8週あける ③-④の間はおおむね1年あける	7か月～11か月で初回接種：①、②の後の1年後に追加③ 1歳～4歳で初回接種：①のみ
肺炎球菌 (PCV7) □	不活化	①-②-③の間はそれぞれ27日以上あける ③-④の間は60日以上あけて、1歳から1歳3か月 で接種	7か月～11か月で初回接種：①、②の接種後60日以上あけて1歳以降に追加③ 1歳～23か月で初回接種：①、②を60日以上あける 2歳～9歳以下初回接種：①のみ
B型肝炎 (HBV) □	不活化	①-②の間は4週間隔 ①-③の間は20～24週経過後 [但し、B型肝炎母子感染対策事業による接種ス ケジュール (生後2、3、5か月) に準じてよい]	(注1) B型肝炎抗原 (HBsAg) 陽性の母親から出生した児に対するB型肝炎母子 感染対策事業による接種スケジュール (生後2、3、5か月) に準ずる 接種時期に関しては、検討中 (注2) 乳児期に接種していない児の水平感染予防のための接種
ロタウイルス □	生	生後6週から接種可能 ①-②は、4週間隔で計2回	(注3) 計2回、②は、生後6か月までに完了すること
三種混合 (DPT) ■	不活化	①-②-③の間はそれぞれ20～56日までの間隔 (注4) ③-④の間は6か月以上あけ、標準的には ③終了後12～18か月の間に接種	予防接種法では、生後3か月から生後90か月 (7.5歳) 未満の児が対象
BCG ■	生	生後3か月から6か月未満に接種	やむを得ない事情を有する場合のみ1歳まで定期接種可能
ポリオ ■	生	①、②：生後3か月から18か月 ①と②の間は41日以上あける	予防接種法では、生後3か月から生後90か月 (7.5歳) 未満の児が対象 不活化ポリオワクチンへの移行が進行中
麻しん・風しん (MR) ■	生	①：1歳以上2歳未満 ②：5歳以上7歳未満で小学校就学前の1年間にあ るもの ③：中学1年生相当年齢の者 ④：高校3年生相当年齢の者	①は、1歳の出来るだけ早期に接種 (注5) ③と④は2008年度から2012年度の限定措置。4月から6月の間に接種を促すことと なっており、2011年5月20日～2012年3月31日までの間、高校2年生相当の年齢の者 (17歳とな る年度) を追加 運用については実施要領http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/teiki-yobou/07. htmlを参照
水痘 □	生	①：1歳以上 ②：5歳以上7歳未満	(注6) ワクチン接種によって自然感染によるブースターがなくなると、2回接種 が必要
おたふくかぜ □	生	①：1歳以上 ②：5歳以上7歳未満	(注6) ワクチン接種によって自然感染によるブースターがなくなると、2回接種 が必要
日本脳炎 (注7) ■	不活化	①、②：3歳、①-②の間は6～28日までの間隔 ③：4歳 ④：9歳	2005年5月からの積極的勧奨の差し控えを受けて、初回免疫からの接種を行う場 合のスケジュール 予防接種法では、生後6か月から生後90か月 (7.5歳) 未満 (第1期)、9歳以上13 歳未満 (第2期) が対象 なお、日本脳炎の第1期、第2期の接種が行われていない可能性のあるものに 対しての具体的な接種については実施要領http://www.mhlw.go.jp/bunya/ kenkou/teiki-yobou/07.htmlを参照
インフルエンザ □	不活化	①-②の間は4週 (2～4週)	13歳未満：2回、13歳以上：1回 2011～2012年シーズンから、1回接種量が変更となったことに注意 1回接種量：6か月～3歳未満：0.25mL；3歳以上：0.5mL
二種混合 (DT) ■	不活化	①11歳から12歳に達するまで	予防接種法では、11歳以上13歳未満 百日咳患者の増加から、DPTへの移行を検討中
ヒトパピローマウイルス (HPV) □	不活化	2価ワクチン (サーバリックス®) 10歳以上、 ①-②の間は1か月、①-③の間は6か月あける 4価ワクチン (ガーダシル®) 9歳以上、 ①-②の間は2か月、①-③の間は6か月あける	筋肉内注射 (上腕三角筋部) (注8) ①-②の接種間隔が2つのワクチンで異なることに注意

表2 日本小児科学会が推奨する予防接種スケジュール（2011年11月13日版）（一部を改変）

ワクチン	種類	乳児期					幼児期					学童期							
		2 か 月	3 か 月	4 か 月	5 か 月	6～8か 月	9～11か 月	12 か 月	15 か 月	18 か 月	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7 歳	8 歳	9 歳	10歳以上
インフルエンザ桿菌b型 (ヒブ)	不活化	①	②	③				④											
肺炎球菌(PCV7)	不活化	①	②	③				④											
B型肝炎(HBV) (注1)	不活化	①	②			③													①②③ (注2)
ロタウイルス	生	①	②			(注3)													
三種混合(DPT) *	不活化		①	②		③		④ (注4)							★				
BCG *	生			①															
ポリオ *	生					①		②							★				
麻疹・風しん(MR) *	生							①					②						③④ 中1, 高3での接種 (注5)
水痘	生							①					② (注6)						
おたふくかぜ	生							①					② (注6)						
日本脳炎 (注7) *	不活化										① ②	③		★					④9～12歳 (①②③)
インフルエンザ	不活化							毎年(10月、11月などに)①、②											13歳より①
二種混合(DT) *	不活化																		11～12歳①
ヒトパピローマ ウイルス(HPV)	不活化																		①②③ (注8)

★ 7.5歳まで

定期接種の接種可能な期間

任意接種の接種可能な期間

定期接種の期間

任意接種の推奨期間

* 定期接種

表3 日本における主な予防接種

・ジフテリア	・インフルエンザ（高齢者以外）*
・破傷風	・おたふくかぜ*
・百日咳	・A型肝炎*
・ポリオ（急性灰白髄炎）（経口）	・B型肝炎*
・麻しん	・水痘*
・風しん	・肺炎球菌*
・日本脳炎	・コレラ*
・結核（BCG）	・ウイルス病*
・インフルエンザ（高齢者）	・狂犬病*
	・黄熱*

左縦列（*の付いてないもの）は、定期接種である。

右縦列（*の付いているもの）は、任意接種である。

ポリオは日本ではいまだに副作用の懸念が強い生ワクチンである。

表4 米国でルーチンに接種する予防接種

・ジフテリア	・インフルエンザ桿菌b型*
・破傷風	・A型肝炎*
・百日咳***	・B型肝炎*
・ポリオ****	・水痘*
・麻しん	・肺炎球菌*
・風しん	・带状疱疹**
・おたふくかぜ*	・ヒトパピローマウイルス*
・インフルエンザ***	・髄膜炎菌**

* 日本では任意接種である。

** 日本では未承認である。

*** 日本では接種範囲が米国よりも狭い（成人に適応がないなど）。

**** ポリオは日本ではいまだに副作用の懸念が強い生ワクチンであるが、米国では注射薬の不活化ワクチンである。

註：2009年現在、これにロタウイルスワクチンが加わっている。日本ではロタウイルスワクチンは任意接種である。

註：日本と比べて米国では、定期接種の種類が多く、適応範囲が広い。

Summary

The Essence of Vaccines

Shigeo Tomura, MD

A vaccine is a biological substance that stimulates the immune system to recognize the microorganism such as bacteria or virus, etc. as foreign, destroy it, and remember. Vaccines can prevent or ameliorate the effects of a future infection by any microorganism. A vaccine contains weakened or killed forms of the microorganism, its toxins or one of its surface proteins.

Keywords Vaccine, Microorganism, Infection, Immune System

(2012年5月24日受領)