Parvovirus B19 in five European countries: disentangling the sociological and microbiological mechanisms underlying infectious disease transmission

#### Nele Goeyvaerts<sup>1</sup>, Niel Hens<sup>1</sup>, John Edmunds<sup>2</sup>, Marc Aerts<sup>1</sup>, Philippe Beutels<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Interuniversity Institute for Biostatistics and statistical Bioinformatics, Universiteit Hasselt & Katholieke Universiteit Leuven, Belgium
<sup>2</sup> Infectious Diseases Epidemiology Unit, London School of Hygiene & Tropical Medicine, University of London, United Kingdom

<sup>3</sup> Centre for Health Economics Research and Modeling Infectious Diseases & Centre for the Evaluation of Vaccination, Vaccine & Infectious Disease Institute, University of Antwerp, Belgium

## Outline



#### Introduction

- Parvovirus B19
- Serological Data
- Objectives

#### 2 Methods

- Transmission Dynamics
- Estimating Contact Rates
- Estimating Transmission Rates
- 3 Application and Results
- 4 Conclusion, Discussion and Further Research

< 日 > < 同 > < 三 > < 三 >

- $\rightarrow$  transmission requires sufficiently close contact
- = fifth disease or slapped cheek syndrome
- primarily spread by infected respiratory droplets

causes range of diseases, e.g. erythema infectiosum

- mean infectious period of 6 days
- incubation period > latent period

Parvovirus B19

in children and teenagers: usually mild

currently no vaccine available

 $(0 - 9\% \rightarrow \text{miscarriage})$ 





イロン イボン イヨン イヨン



## Serological Data

- Belgium, England and Wales, Finland, Italy and Poland
- 13406 serum samples collected between 1995 and 2004
- tested for IgG antibodies against parvovirus B19

Country	Year of collection	Age range	Sample size
BE	2001-2003	0-66	3076
EW	1996	1-79	2822
FI	1997-1998	1-79	2499
IT	2003-2004	1-79	2514
PL	1995-2004	1-79	2495

・ロッ ・ 一 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・

## Objectives

For each country:

- estimate age-specific transmission rates using data on social contacts
- are the contact data fully explaining the observed seroprofile?
- need for an additional age-specific factor?

Comparative study to assess country-specific differences in:

- effectiveness of a close contact
- the shape of an additional age-specific factor

イロン イボン イヨン イヨン

# Objectives

For each country:

- estimate age-specific transmission rates using data on social contacts
- are the contact data fully explaining the observed seroprofile?
- need for an additional age-specific factor?

Comparative study to assess country-specific differences in:

- effectiveness of a close contact
- the shape of an additional age-specific factor

understanding age-specific transmission of parvovirus B19 may help to understand transmission of other airborne infections

(日) (同) (日) (日) (日)

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

### The Mass Action Principle

Mass Action Principle, Anderson and May (1991)

$$\lambda(a) = D \int_0^\infty \beta(a,a') \lambda(a') X(a') da'$$

- $\lambda(a) =$  rate at which susceptibles acquire infection  $\rightarrow$  FOI
- β(a, a') = transmission rate, i.e. per capita rate at which an individual of age a' makes an effective contact with a person of age a, per year
- X(a') = number of susceptibles of age a'
- D = mean duration of infectiousness

・ロッ ・ 一 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

### The Mass Action Principle

Mass Action Principle, Anderson and May (1991)

$$\lambda(a) = D \int_0^\infty \beta(a, a') \lambda(a') X(a') da'$$

- $\lambda(a) =$  rate at which susceptibles acquire infection  $\rightarrow$  FOI
- β(a, a') = transmission rate, i.e. per capita rate at which an individual of age a' makes an effective contact with a person of age a, per year
- X(a') = number of susceptibles of age a'
- D = mean duration of infectiousness

・ロッ ・ 一 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

### Social Contact Hypothesis

Assume transmission rates are proportional to rates of making a certain type of contact:



Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

### Social Contact Hypothesis

Assume transmission rates are proportional to rates of making a certain type of contact:



Э

# Contact Surveys

- multi-country population-based survey in Europe (POLYMOD)
- diary-based questionnaires, May 2005 September 2006
- non-close contact: two-way conversation of at least three words in each others proximity
- close contact: involving any sort of physical skin-to-skin touching
- diary weights based on age and household size

	Recruitment	# participants	# contacts	# close > 15 min
BE	random digit dialling	749	12775	5666 (44%)
FI	population registers	1006	11128	4215 (38%)
GB	face-to-face interview	1012	11876	4961 (42%)
IT	random digit dialling	849	16623	7740 (47%)
PL	face-to-face interview	1012	16501	8036 (49%)

< ロ > < 同 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ >

### Estimating Mean Number of Contacts

•  $Y_{ij}$  = number of contacts in age class j during one day as reported by a respondent in age class i

model:  $Y_{ij} \sim \mathsf{NegBin}(m_{ij}, k)$ 

・ロッ ・ 一 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・

## Estimating Mean Number of Contacts

•  $Y_{ij} =$  number of contacts in age class j during one day as reported by a respondent in age class i

model:  $Y_{ij} \sim \mathsf{NegBin}(m_{ij}, k)$ 

- $m_{ij}$  estimated using bivariate smoothing approach:
  - two-dimensional continuous function over age of respondent and age of contact ('contact surface')
  - tensor-product spline basis:

$$\log(\hat{m}_{ij}) = \sum_{\ell=1}^{K} \sum_{p=1}^{K} \hat{\delta}_{\ell p} b_{\ell}(a_{[i]}) d_{p}(a_{[j]}),$$

basis dimension K, parameters  $\delta_{\ell p},$  known basis functions  $b_\ell$  and  $d_p$  for thin plate regression splines

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

### **Estimating Contact Rates**

 $\bullet\,$  Smooth-then-constrain  $\to\,$  reciprocal nature of contacts taken into account:

 $m_{ij}w_i = m_{ji}w_j$ 

 $w_i$  denotes population size in age class i (demography)

・ロッ ・ 一 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

## **Estimating Contact Rates**

 $\bullet$  Smooth-then-constrain  $\rightarrow$  reciprocal nature of contacts taken into account:

 $m_{ij}w_i = m_{ji}w_j$ 

 $w_i$  denotes population size in age class *i* (demography)

- Focus on type of contact with high transmission potential for parvovirus B19: close contacts longer than 15 minutes
- K = 13 seems satisfactory basis dimension choice

< 口 > < 同 > < 回 > < 回 > < 回 > <

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

# Estimated Daily Contact Rates $\hat{m}_{ij}/w_j$



IT

PL





Goeyvaerts et al

Tübingen Workshop October 22, 2008

Э

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

## **Estimating Transmission Rates**

#### IgG antibodies against parvovirus B19 are thought to induce lifelong immunity ↓ MSIR-model

・ロッ ・ 一 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

# Estimating Transmission Rates

IgG antibodies against parvovirus B19 are thought to induce lifelong immunity ↓ MSIR-model

Further assumptions:

- time equilibrium
- closed population of size N
- no mortality due to infection
- type I mortality  $\rightarrow$  age L
- type I maternal antibodies  $\rightarrow$  age A

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

# Estimating q(a, a'), $R_0$ and v

$$\pi(a) = \begin{cases} 1 & \text{if } a < A \\ 1 - \exp\left(-\int_A^a \lambda(s) ds\right) & \text{if } a \ge A, \end{cases}$$

<ロ> <問> < 同> < 同> < 同> < 同> < 同</p>

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

# Estimating q(a, a'), $R_0$ and v

$$\pi(a) = \begin{cases} 1 & \text{if } a < A \\ 1 - \exp\left(-\int_A^a \lambda(s) ds\right) & \text{if } a \ge A, \end{cases}$$

$$\lambda(a) = \frac{ND}{L} \int_{A}^{L} q(a, a') \hat{c}(a, a') \lambda(a') \exp\left(-\int_{A}^{a'} \lambda(s) ds\right) da', \text{ if } a \ge A.$$

<ロ> <問> < 同> < 同> < 同> < 同> < 同</p>

Transmission Dynamics Estimating Contact Rates Estimating Transmission Rates

# Estimating q(a,a'), $R_0$ and v

$$\pi(a) \quad = \quad \begin{cases} 1 & \text{if } a < A \\ 1 - \exp\left(-\int_A^a \lambda(s) ds\right) & \text{if } a \ge A, \end{cases}$$

$$\lambda(a) = \frac{ND}{L} \int_{A}^{L} \frac{q(a,a')}{\hat{c}(a,a')} \lambda(a') \exp\left(-\int_{A}^{a'} \lambda(s) ds\right) da', \text{ if } a \ge A.$$

- $\bullet\,$  move to discrete age framework  $\rightarrow$  solve equations iteratively
- $\bullet\,$  estimate q(a,a') from serological data using maximum likelihood
- estimate:
  - basic reproduction number  $R_0$
  - $\, \bullet \,$  critical immunization level v

・ロッ ・ 一 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・

# **Application Settings**

- 1-year age intervals:  $[A, 1), [1, 2), \dots, [L 1, L)$
- Demographical parameters:

Country	Year	L	N
BE	2003	78	9800345
EW	1996	77	48532900
FI	1998	77	4899903
IT	2004	81	55522274
PL	1999	73	36563756

- Age of waning maternal antibodies A = 0.5 years
- Mean duration of infectiousness D = 6/365 years

< ロ > < 同 > < 三 > < 三 > <

## Two Parametric Models for q(a, a')

Two parametric models for q(a, a'):

- $\bullet$  constant proportionality:  $q(a,a^\prime)=q$
- age-dependent proportionality:

$$\log\{q(a, a')\} = \log\{q(a)\} = \gamma_0 + \gamma_1 a$$

 $\rightarrow\,$  allows for age-specific differences in characteristics related to susceptibility

Country	$\hat{q}$	95% CI for $q$	$\widehat{R}_0$	$\hat{v}$	AIC	BIC
BE	0.066	[0.064, 0.069]	2.93	0.661	3582.682	3588.711
EW	0.059	[0.057, 0.061]	1.85	0.461	3613.435	3619.375
FI	0.053	[0.052, 0.055]	1.56	0.362	2830.118	2835.937
IT	0.027	[0.026, 0.028]	1.79	0.444	3117.140	3122.970
PL	0.048	[0.047, 0.050]	2.26	0.560	3031.943	3037.745

Country	$\hat{q}$	95% CI for $q$	$\widehat{R}_0$	$\hat{v}$	AIC	BIC
BE	0.066	[0.064, 0.069]	2.93	0.661	3582.682	3588.711
EW	0.059	[0.057, 0.061]	1.85	0.461	3613.435	3619.375
FI	0.053	[0.052, 0.055]	1.56	0.362	2830.118	2835.937
IT	0.027	[0.026, 0.028]	1.79	0.444	3117.140	3122.970
PL	0.048	[0.047, 0.050]	2.26	0.560	3031.943	3037.745

Country	$\hat{q}$	95%	CI  for  q	$\widehat{R}_0$	$\hat{v}$	AIC		BIC	
BE	0.06	6 [0.06	4, 0.069]	2.93	0.661	3582.6	82	3588.7	'11
EW	0.05	9 [0.05	7, 0.061]	1.85	0.461	3613.4	35	3619.3	875
FI	0.05	3 [0.05	2, 0.055]	1.56	0.362	2830.1	18	2835.9	37
IT	0.02	7 [0.02	6, 0.028]	1.79	0.444	3117.1	40	3122.9	70
PL	0.04	8 [0.04	7, 0.050	2.26	0.560	3031.9	43	3037.7	'45
			-						
Country	Par	ameter	95%	CI	$\widehat{R}_0$	$\hat{v}$	A	IC	BIC
BE	$\hat{\gamma}_0$	-2.216	[-2.321,	-2.105]	2.09	0.528	3463	3.918	3475.977
	$\hat{\gamma}_1$	-0.040	[-0.050,	-0.031]					
EW	$\hat{\gamma}_0$	-2.322	[-2.489,	-2.129]	1.64	0.394	3565	5.572	3577.452
	$\hat{\gamma}_1$	-0.047	[-0.069,	-0.030]					
FI	$\hat{\gamma}_0$	-3.003	[-3.117,	-2.878]	1.60	0.377	2830	).742	2842.380
	$\hat{\gamma}_1$	0.006	[-0.004,	0.014]					
IT	$\hat{\gamma}_0$	-3.173	-3.312,	-3.027]	1.65	0.396	3067	7.556	3079.215
	$\hat{\gamma}_1$	-0.042	-0.059,	-0.028					
PL	$\hat{\gamma}_0$	-2.365	[-2.674,	-2.053]	1.80	0.447	2999	9.499	3011.103
	$\hat{\gamma}_1$	-0.057	[-0.091,	-0.028]					

Country	$\hat{q}$	95%	CI  for  q	$\widehat{R}_0$	$\hat{v}$	AIC		BIC	
BE	0.06	6 [0.06	4, 0.069]	2.93	0.661	3582.6	82	3588.7	/11
EW	0.05	9 [0.05	7, 0.061]	1.85	0.461	3613.4	35	3619.3	375
FI	0.05	3 [0.05	2, 0.055]	1.56	0.362	2830.1	18	2835.9	937
IT	0.02	7 [0.02	6, 0.028]	1.79	0.444	3117.1	40	3122.9	970
PL	0.04	8 [0.04	7, 0.050	2.26	0.560	3031.9	43	3037.7	745
Country	Par	ameter	95%	CI	$\widehat{R}_0$	$\hat{v}$	A	IC	BIC
BE	$\hat{\gamma}_0$	-2.216	[-2.321,	-2.105]	2.09	0.528	3463	.918	3475.977
	$\hat{\gamma}_1$	-0.040	[-0.050,	-0.031]					
EW	$\hat{\gamma}_0$	-2.322	[-2.489,	-2.129]	1.64	0.394	3565	5.572	3577.452
	$\hat{\gamma}_1$	-0.047	[-0.069,	-0.030]					
FI	$\hat{\gamma}_0$	-3.003	[-3.117,	-2.878]	1.60	0.377	2830	.742	2842.380
	$\hat{\gamma}_1$	0.006	[-0.004,	0.014]					
IT	$\hat{\gamma}_0$	-3.173	[-3.312,	-3.027]	1.65	0.396	3067	.556	3079.215
	$\hat{\gamma}_1$	-0.042	-0.059,	-0.028					
PL	$\hat{\gamma}_0$	-2.365	[-2.674,	-2.053]	1.80	0.447	2999	.499	3011.103
	$\hat{\gamma}_1$	-0.057	[-0.091,	-0.028]					

Country	$\hat{q}$	95%	CI   for  q	$\widehat{R}_0$	$\hat{v}$	AIC	BIC	
BE	0.06	6 [0.06	4, 0.069]	2.93	0.661	3582.6	82 3588.7	/11
EW	0.059	9 [0.05	7, 0.061]	1.85	0.461	3613.4	<b>35 3619</b> .3	375
FI	0.053	3 [0.05	2, 0.055]	1.56	0.362	2830.1	18 2835.9	937
IT	0.02	7 [0.02	6, 0.028]	1.79	0.444	3117.1	40 3122.9	970
PL	0.048	8 [0.04	7, 0.050]	2.26	0.560	3031.9	43 3037.7	745
-					~			
Country	Para	ameter	95%	CI	$\widehat{R}_0$	$\hat{v}$	AIC	BIC
BE	$\hat{\gamma}_0$	-2.216	[-2.321,	-2.105]	2.09	0.528	3463.918	3475.977
	$\hat{\gamma}_1$	-0.040	[-0.050,	-0.031]				
EW	$\hat{\gamma}_0$	-2.322	[-2.489,	-2.129]	1.64	0.394	3565.572	3577.452
	$\hat{\gamma}_1$	-0.047	[-0.069,	-0.030]				
FI	$\hat{\gamma}_0$	-3.003	[-3.117,	-2.878]	1.60	0.377	2830.742	2842.380
	$\hat{\gamma}_1$	0.006	[-0.004,	0.014]				
IT	$\hat{\gamma}_0$	-3.173	[-3.312,	-3.027]	1.65	0.396	3067.556	3079.215
	$\hat{\gamma}_1$	-0.042	[-0.059,	-0.028]				
PL	$\hat{\gamma}_0$	-2.365	[-2.674,	-2.053]	1.80	0.447	2999.499	3011.103
	$\hat{\gamma}_1$	-0.057	[-0.091,	-0.028]				

#### Estimated Prevalence and FOI for Belgium



<ロ> <同> <同> < 回> < 回>

E.

#### Estimated Prevalence and FOI for England & Wales



< ロ > < 同 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ >

Э

### Estimated Prevalence and FOI for Finland



<ロ> <同> <同> < 回> < 回>

Э

#### Estimated Prevalence and FOI for Italy



<ロ> <同> <同> < 回> < 回>

æ

### Estimated Prevalence and FOI for Poland



・ロン ・日ン ・日ン ・日ン

E.

### $\hat{q}(a)$ as a function of a

$$\hat{q}(a) = \exp(\hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 a)$$



- Italy has an overall smaller proportionality factor
- Interpretation for Italy?
  - lower effectiveness rate compared with other countries (climate...)?

< ロ > < 同 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < 回 > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ > < □ >

- overreporting close contacts?
- ...?

## $\hat{q}(a)$ as a function of a

$$\hat{q}(a) = \exp(\hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 a)$$



- Finland: no need for an additional age-dependent factor
- Interpretation for other countries?
  - children are more susceptible than adults?
  - underreporting of close contacts in children?

Э

• ...?

### $\hat{q}(a)$ as a function of a

$$\hat{q}(a) = \exp(\hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 a)$$



- Finland: no need for an additional age-dependent factor
- Other factors involved?

Country	Effective parental leave
FI	99 weeks
PL	53 weeks
EW	25 weeks
IT	24 weeks
BE	18 weeks

Source: Plantenga J. & Siegel M. (2004), Position Paper 'childcare in a changing world', RuG, The Netherlands

・ロッ ・ 一 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・

Э

## Conclusion and Discussion

- Social contact surveys are useful to gain more insight in the transmission process of airborne infections
- For BE, EW, IT and PL there is need for an additional age-specific factor to explain the observed seroprofile for parvovirus B19
- Country-specific differences in B19 transmission are observed
- (How) can we interpret the age-dependent proportionality factor and country-specific differences?

< 日 > < 同 > < 三 > < 三 >

## Discussion and Further Research

- $\bullet\,$  Formal inference on country-specific differences  $\rightarrow\,$  joint modeling
- Other functional forms for proportionality factor: gamma, normal, Weibull, ...
- Allow proportionality factor to vary with age of infected a':
  - ${\scriptstyle \bullet }$  bivariate model for q(a,a')
  - sensible?
  - serological data don't provide direct information related to infectiousness
- Other work: analyzing pre-vaccination data on a range of different airborne infections from EW

< ロ > < 同 > < 回 > < 回 > .

### Acknowledgements

- ECDC funding support
- SBO-project 'SIMID' funded by the IWT-institute in Flanders
- all co-authors

・ロッ ・ 一 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・