

Indice

Prefazione degli autori	XIII
Prefazione all'edizione italiana	XV

Sezione I La natura dei virus

1 Verso la definizione di virus

1.1 La scoperta dei virus	2
1.2 La moltiplicazione dei virus	3
1.3 Il ciclo di moltiplicazione virale	4
1.4 I virus possono essere definiti in termini chimici	6
L'importanza dell'acido nucleico virale	6
Sintesi di macromolecole nelle cellule infettate	6
1.5 La moltiplicazione dei virus batterici e animali è fondamentalmente simile	7
1.6 I virus possono essere modificati geneticamente	8
1.7 Proprietà dei virus	8
1.8 Origine dei virus	8
Punti fondamentali	9
Letture consigliate	9

2 La struttura delle particelle virali

2.1 Le particelle virali sono costituite da subunità	10
2.2 Struttura dei virus filamentosi e delle nucleoproteine	11
2.3 Struttura delle particelle virali isometriche	12
Simmetria dell'icosaedro	13
La triangolazione delle sfere: come produrre particelle virali più grandi	13
$T = 1$: la più piccola particella virale	14
$T = 3$: impacchettamento quasi equivalente di polipeptidi chimicamente identici	15
$T = 3$: con icosaedro costruito di quattro diversi polipeptidi	15
Sito di attacco al recettore cellulare delle particelle di picornavirus	16
Una struttura sconosciuta: particelle virali con $180 + 1$ subunità e mancanti di jelly roll β barrel	17
$T = 25$: particelle più complesse dei virus animali	17
Particelle a triplo capsido: capsidi dentro capsidi	17

2.4 Particelle virali rivestite (avvolte da membrana)	18
Core isometrico circondato da un envelope isometrico	18
Capside elicoidale circondato da un envelope all'incirca sferico	19
Core elicoidale circondato da un envelope non sferico	20
2.5 Particelle virali con morfologia testa-coda	20
2.6 Frequenza delle diverse morfologie delle particelle virali	21
2.7 Principi di disassemblaggio: le particelle virali sono metastabili	21
Punti fondamentali	21
Letture consigliate	22

3 Classificazione dei virus

3.1 Classificazione in base alla patologia	23
3.2 Classificazione in base all'organismo ospite	24
3.3 Classificazione in base alla morfologia della particella virale	24
3.4 Classificazione in base agli acidi nucleici virali	24
Classificando i virus: lo schema di Baltimore	25
3.5 Classificazione tassonomica	26
3.6 Satelliti, viroidi e prioni	27
Satelliti e viroidi	27
Prioni	28
Punti fondamentali	29
Letture consigliate	29

4 L'evoluzione dei virus

4.1 Meccanismi dell'evoluzione virale	30
4.2 Evoluzione rapida: mutazioni e quasi-specie	31
4.3 Evoluzione rapida: ricombinazione	33
4.4 Evoluzione rapida: riassortimento	33
4.5 Evoluzione per trovare un ospite e coevoluzione con l'ospite	35
Necessità di un livello minimo di popolazione: il virus del morbillo	36

Impatto di nuove specie ospiti: il virus del mixoma	36
Coevoluzione degli herpesvirus con i loro ospiti	38
<i>Punti fondamentali</i>	39
<i>Domande</i>	39
<i>Letture consigliate</i>	39

5 Tecniche per lo studio dei virus

5.1 Coltivare gli isolati di virus selvatici	40
5.2 Contare i virus	41

5.3 Misurare i titoli delle particelle infettive	42
5.4 Misurare i titoli delle particelle fisiche	43
5.5 Identificare un virus in un campione	44
Ricerca delle proteine virali: ELISA	45
Ricerca degli acidi nucleici virali: PCR e saggi bDNA	45
Determinazione di anticorpi virus-specifici	47
5.6 Comprendere i cicli di replicazione dei virus	47
5.7 Genetica virale e genetica inversa	49
5.8 Virologia a livello di sistemi	49
<i>Punti fondamentali</i>	50
<i>Domande</i>	50
<i>Letture consigliate</i>	50

Sezione II Crescita virale nelle cellule

6 L'attacco e l'ingresso dei virus nelle cellule

6.1 Infezione delle cellule animali: natura e importanza dei recettori	52
6.2 Infezione delle cellule animali: virus rivestiti	55
Fusione a livello della membrana plasmatica: il virus dell'immunodeficienza umana	55
Fusione in un endosoma: virus dell'influenza A	57
6.3 Infezione delle cellule animali: virus nudi	57
Rilascio del genoma a livello della membrana plasmatica: poliovirus	59
Entrata del virus attraverso la via endocitica: adenovirus	59
6.4 Infezione delle cellule vegetali	60
6.5 Infezione dei batteri	60
Attacco dei batteriofagi alla cellula batterica	60
Ingresso dei genomi fagici nelle cellule batteriche	61
6.6 Infezione delle cellule: eventi successivi all'ingresso	62
6.7 Ingresso del virus: colture cellulari e interi organismi	63
<i>Punti fondamentali</i>	63
<i>Domande</i>	63
<i>Letture consigliate</i>	64

7.2 Replicazione dei genomi a DNA a doppio filamento circolari	68
7.3 Replicazione dei genomi a DNA a doppio filamento lineari che possono circularizzare	70
Il genoma di HSV1 e la sua replicazione	70
Replicazione del batteriofago λ	72
7.4 Replicazione dei genomi a DNA a doppio filamento lineari che non circularizzano	72
Adenovirus	72
Poxvirus	74
7.5 Replicazione dei genomi a DNA a singolo filamento circolari	75
7.6 Replicazione dei genomi a DNA a singolo filamento lineari	75
7.7 Dipendenza <i>versus</i> autonomia nei virus a DNA	77
<i>Punti fondamentali</i>	77
<i>Domande</i>	78
<i>Letture consigliate</i>	78

7 Replicazione del DNA virale

7.1 Il meccanismo universale di sintesi del DNA	65
Polarità del filamento di DNA e natura delle DNA polimerasi	65
Inizio del filamento di DNA e necessità di un primer	66
Perché è richiesto un primer a RNA?	67
Gli inneschi a RNA e il problema della "replicazione delle terminazioni"	67

8 Replicazione del genoma dei virus a RNA

8.1 Natura e diversità dei genomi dei virus a RNA	79
8.2 Elementi di regolazione per la sintesi dei genomi a RNA	80
Generazione e amplificazione di virus a RNA difettivi-interferenti (DI)	80
Genetica inversa dei virus a RNA	82
8.3 Sintesi del genoma a RNA dei virus della classe 3 di Baltimore	83
8.4 Sintesi del genoma a RNA dei virus della classe 4 di Baltimore	83
8.5 Sintesi del genoma a RNA dei virus della classe 5 di Baltimore	86
Replicazione dei genomi a RNA non segmentati dei virus della classe 5	87

Replicazione dei genomi a RNA segmentati dei virus della classe 5	87
8.6 Sintesi del genoma a RNA dei viroidi e del virus dell'epatite delta	88
Replicazione dei viroidi	88
Virus dell'epatite delta	88
<i>Punti fondamentali</i>	89
<i>Domande</i>	89
<i>Letture consigliate</i>	89

9 Replicazione dei virus a RNA con un intermedio a DNA e viceversa

9.1 Il ciclo replicativo dei retrovirus	90
9.2 Scoperta della retrotrascrizione	91
9.3 La trascrittasi inversa retrovirale	91
9.4 Meccanismo della retrotrascrizione nei retrovirus	92
Confronto tra la struttura dell'RNA genomico e quella del DNA provirale	92
Modello della retrotrascrizione che porta alla formazione del DNA provirale	93
9.5 Integrazione del DNA retrovirale nel DNA cellulare	95
9.6 Produzione dei genomi retrovirali della progenie	96
9.7 Spumavirus: retrovirus con caratteristiche insolite	96
9.8 Il ciclo replicativo degli hepadnavirus	97
9.9 Meccanismo della retrotrascrizione negli hepadnavirus	98
9.10 Virus che utilizzano la retrotrascrizione a confronto	99
<i>Punti fondamentali</i>	99
<i>Domande</i>	99
<i>Letture consigliate</i>	100

10 Espressione genica nei virus a DNA e nei virus che utilizzano la retrotrascrizione

10.1 I virus a DNA e i retrovirus: le classi 1, 2, 6 e 7 di Baltimore	101
10.2 I poliomavirus	102
10.3 I papillomavirus	105
10.4 Gli adenovirus	107
10.5 Gli herpesvirus	109
Virus dell'herpes simplex di tipo 1 e 2	109
Virus di Epstein-Barr	110
10.6 I poxvirus	110
10.7 I parvovirus	111
10.8 I retrovirus	111
10.9 Gli hepadnavirus	113

10.10 I batteriofagi a DNA	114
<i>Punti fondamentali</i>	115
<i>Domande</i>	115
<i>Letture consigliate</i>	115

11 Regolazione dell'espressione genica nei virus a RNA

11.1 I virus a RNA: le classi 3, 4 e 5 di Baltimore	116
11.2 I reovirus	117
Regolazione trascrizionale dell'espressione genica	117
Regolazione traduzionale dell'espressione genica	120
11.3 I picornavirus	121
Controllo post-traduzionale dell'espressione genica	122
11.4 Gli alfavirus	122
Sintesi di un mRNA subgenomico	122
11.5 I coronavirus	122
<i>Ribosomal frameshifting</i>	122
mRNA subgenomici, monocistronici, funzionali	124
11.6 Virus a RNA a polarità negativa con genoma segmentato	125
11.7 Gli ortomixovirus	125
Regolazione trascrizionale dell'espressione genica	125
Controllo dell'espressione genica mediata dallo splicing degli mRNA	127
Regolazione traduzionale dell'espressione genica	127
Maturazione post-traduzionale mediante tagli proteolitici	128
11.8 Gli arenavirus	129
Strategia di codifica ambisenso	129
11.9 Virus a RNA a singolo filamento a polarità negativa con genoma non segmentato	129
Regolazione trascrizionale dell'espressione genica	129
Regolazione traduzionale dell'espressione genica	131
Editing inserzionale durante la trascrizione	131
Taglio post-traduzionale delle proteine	132
<i>Punti fondamentali</i>	132
<i>Domande</i>	132
<i>Letture consigliate</i>	133

12 L'assemblaggio dei virus

12.1 Autoassemblaggio delle componenti virioniche mature	135
12.2 Assemblaggio dei virus con struttura elicoidale	135
Assemblaggio di TMV	135

12.3 Assemblaggio dei virus con struttura isometrica	138	Assemblaggio dei nucleocapsidi isometrici	143
Assemblaggio dei picornavirus	138	Acquisizione dell'envelope lipidico	143
Assemblaggio degli adenovirus	139	12.7 Genomi virali segmentati: acquisizione di più molecole di acido nucleico	145
12.4 Assemblaggio dei virus complessi	140	12.8 Maturazione delle particelle virali	146
12.5 Impacchettamento del DNA nelle particelle virali	141	<i>Punti fondamentali</i>	147
12.6 Assemblaggio dei virus rivestiti	142	<i>Domande</i>	148
Assemblaggio dei nucleocapsidi elicoidali	142	<i>Lecture consigliate</i>	148

Sezione III Interazione dei virus con l'intero organismo

13 Immunità innata e immunità intrinseca

13.1 Risposta immune innata nei vertebrati: la scoperta degli interferoni	150
13.2 Induzione della risposta dell'IFN di tipo I	151
Sentire un patogeno	151
Ricevere il segnale: come i PRR comunicano alla cellula l'avvenuta infezione	153
Lo stato antivirale: protezione delle cellule non infette	154
13.3 Contromisure sviluppate dai virus nei confronti dell'immunità innata	155
13.4 Proteine TRIM e immunità	155
13.5 Resistenza intrinseca ai virus nei vertebrati	156
Fattori di resistenza virus-specifici	156
L'autofagia e l'apoptosi come difese intrinseche	157
13.6 Immunità innata, intrinseca e conseguenze dell'infezione	158
13.7 L'RNAi è un importante meccanismo antivirale in invertebrati e piante	159
13.8 Rilevare e segnalare l'infezione negli invertebrati e nelle piante	160
13.9 I meccanismi di resistenza ai virus nei batteri e negli archaea	161
<i>Punti fondamentali</i>	162
<i>Domande</i>	162
<i>Lecture consigliate</i>	162

14 La risposta immune adattativa

14.1 Caratteristiche generali del sistema immunitario adattativo	164
14.2 Immunità cellulo-mediata	164
Cellule T-helper CD4 ⁺	166
Le cellule T citotossiche CD8 ⁺	168
14.3 Immunità umorale anticorpo-mediata	169
La natura degli anticorpi umani	170
L'attività antivirale degli anticorpi	171

La neutralizzazione dei virus da parte degli anticorpi	172
Fonti di anticorpi	173
14.4 Evasione virale dell'immunità adattativa	174
14.5 Età e immunità adattativa	175
14.6 Interazione tra il sistema immunitario innato e adattativo	176
<i>Punti fondamentali</i>	177
<i>Domande</i>	177
<i>Lecture consigliate</i>	177

15 Interazioni tra virus animali e cellule

15.1 Infezioni citopatiche acute	178
15.2 Infezioni persistenti	179
Infezioni persistenti derivate dall'interazione virus-cellula	179
Infezioni persistenti determinate dall'interazione tra virus, cellule e interferone o virus, cellule e anticorpi	180
Infezioni persistenti determinate dall'interazione tra virus, cellule e virus difettivi-interferenti (DI)	180
15.3 Infezioni latenti	181
15.4 Infezioni trasformanti	182
15.5 Infezioni abortive	183
15.6 Infezioni nulle	183
15.7 Come uccidono le cellule i virus animali?	183
<i>Punti fondamentali</i>	185
<i>Domande</i>	185
<i>Lecture consigliate</i>	185

16 Interazioni tra virus animali e ospiti

16.1 Causa ed effetto: i postulati di Koch	186
16.2 Una classificazione delle interazioni virus-ospite	186
Malattie immuno-mediate	188
16.3 Infezioni acute	188
16.4 Infezioni subcliniche	189

16.5	Infezioni persistenti e infezioni croniche	190	17.4	La latenza del virus di Epstein-Barr	206
16.6	Infezioni latenti	192	17.5	La latenza di altri herpesvirus	206
16.7	Malattie progressive a lento decorso	192	17.6	La latenza di HIV-1	208
	Malattie virali progressive a lento decorso infettive	192		<i>Punti fondamentali</i>	208
	Malattie virali progressive a lento decorso non infettive	193		<i>Domande</i>	208
16.8	Tumori virus-indotti	193		<i>Lecture consigliate</i>	208
	<i>Punti fondamentali</i>	195	<hr/>		
	<i>Domande</i>	195	18	Trasmissione dei virus	
	<i>Lecture consigliate</i>	195	18.1	Cicli di trasmissione dei virus	209
<hr/>			18.2	Ostacoli alla trasmissione	210
17	Meccanismi di latenza dei virus		18.3	Vie di trasmissione orizzontale negli animali	211
17.1	L'interazione latente tra virus e ospite	196		Infezione attraverso le vie respiratorie	211
17.2	L'espressione genica e il ciclo litico e lisogenico del batteriofago λ	197		Infezione attraverso il tratto gastrointestinale	212
	L'instaurarsi della latenza	199		Infezione attraverso l'occhio	212
	La scelta tra via litica e via lisogenica	200		Trasmissione attraverso saliva o urina	213
	Integrazione del DNA del batteriofago λ durante la lisogenia	200		Trasmissione attraverso fomite	213
	Induzione ed escissione del DNA integrato	201		Infezione attraverso il tratto genitale	213
	Immunità alla superinfezione	201		Infezione attraverso la pelle	213
	I benefici della lisogenia	202	18.4	Trasmissione verticale	214
17.3	La latenza del virus herpes simplex	202	18.5	Virus trasmessi da vettori e trasmissione zoonotica	215
	Espressione genica durante la latenza e riattivazione di HSV-1	203	18.6	Epidemiologia delle infezioni virali	216
	La latenza di HSV-1 e il sistema immunitario	204	18.7	Mantenimento dell'infezione nelle popolazioni	217
				<i>Punti fondamentali</i>	218
				<i>Domande</i>	218
				<i>Lecture consigliate</i>	218

Sezione IV Malattie virali umane: una panoramica

19	Malattie virali umane: una panoramica		20	Infezione da virus dell'influenza	
19.1	Rassegna dei patogeni virali umani	220	20.1	Origine dei virus influenzali umani	232
19.2	L'incidenza relativa di una malattia virale	220		Due meccanismi di evoluzione del virus dell'influenza A	233
	Impatto dell'area geografica sull'incidenza delle malattie virali	220	20.2	Replicazione del virus dell'influenza	237
	Impatto dell'ambiente sull'incidenza delle malattie virali	223	20.3	Infezione e malattia associata	238
	Fattori individuali che influenzano la suscettibilità alle malattie virali: la genetica	223		Recettori e tropismo cellulare del virus	241
19.3	Natura e gravità della malattia virale	224	20.4	Determinanti virali importanti per la malattia	242
19.4	Segni e sintomi comuni di un'infezione virale	225	20.5	Ruolo dei fattori dell'ospite	242
19.5	Infezioni virali acute	226	20.6	La risposta immune e il virus dell'influenza	243
	Le infezioni gastrointestinali	226		La risposta immune cellulare al virus dell'influenza	243
	Le infezioni respiratorie	227		La risposta immune umorale al virus dell'influenza	243
	La diffusione sistemica	229	20.7	Trattamenti contro il virus dell'influenza	244
19.6	Malattia virale acuta: conclusioni	230		<i>Punti fondamentali</i>	245
	<i>Punti fondamentali</i>	231		<i>Domande</i>	245
	<i>Domande</i>	231		<i>Lecture consigliate</i>	245
	<i>Lecture consigliate</i>	231			

21 HIV e AIDS

21.1 Origini e diffusione dell'HIV pandemico	246
Scoperta dell'HIV	246
Origini di HIV-1 e HIV-2	247
Il genere <i>Lentivirus</i> dei retrovirus	248
21.2 Biologia molecolare dell'HIV	249
Espressione genica	249
Struttura del virus e proteine strutturali	250
Immunità intrinseca all'HIV	252
21.3 Trasmissione e tropismo dell'HIV	254
Vie di trasmissione dell'HIV	254
Quali tipi cellulari vengono infettati?	254
Tropismo e trasmissione	255
21.4 Decorso dell'infezione: patogenesi e malattia	255
Il decorso patologico dell'HIV in dettaglio	256
<i>Long-term non-progressors</i> : controllo naturale dell'infezione da HIV	257
21.5 Anomalie immunologiche durante l'infezione da HIV	257
21.6 Prevenzione e controllo dell'infezione da HIV	258
Vaccinazione	258
Terapia antivirale	259
Prevenzione contro l'infezione da HIV	259
<i>Punti fondamentali</i>	260
<i>Domande</i>	260
<i>Lecture consigliate</i>	260

22 Epatite virale

22.1 I segni e i sintomi dell'epatite	261
22.2 Infezioni da virus dell'epatite A	262
22.3 Infezioni da virus dell'epatite E	263
22.4 Infezioni da virus dell'epatite B	265
22.5 Infezioni da virus dell'epatite D	267
22.6 Infezioni da virus dell'epatite C	268
<i>Punti fondamentali</i>	271
<i>Domande</i>	272
<i>Lecture consigliate</i>	272

23 Infezioni trasmesse da vettori

23.1 Gli arbovirus e i loro ospiti	273
23.2 Virus della febbre gialla	273
Vettori che trasmettono il virus della febbre gialla	275
Malattia provocata dal virus della febbre gialla	275
Prevenzione e trattamento dell'infezione	277
23.3 Virus Dengue	277
Malattia provocata dal virus Dengue	277
Prevenzione e trattamento dell'infezione	278
23.4 Virus Chikungunya	279
Malattia provocata dal virus Chikungunya	280

Prevenzione e trattamento dell'infezione	280
23.5 Virus del Nilo Occidentale negli Stati Uniti	280
Prevenzione e trattamento dell'infezione	282
<i>Punti fondamentali</i>	283
<i>Domande</i>	283
<i>Lecture consigliate</i>	283

24 Infezioni virali esotiche ed emergenti

24.1 Virus Ebola e Marburg: filovirus emergenti	284
Malattia causata dai virus Ebola e Marburg	286
24.2 Virus Hendra e Nipah: paramixovirus emergenti	288
Malattie da virus Hendra e Nipah	289
24.3 SARS e MERS: coronavirus emergenti	289
Malattia da coronavirus SARS e MERS	291
24.4 Informazioni dall'analisi genomica di virus precedentemente ignoti	291
<i>Punti fondamentali</i>	292
<i>Domande</i>	292
<i>Lecture consigliate</i>	292

25 Carcinogenesi e virus oncògeni

25.1 Immortalizzazione, trasformazione e tumorigenesi	293
25.2 Virus oncògeni	294
25.3 I piccoli virus tumorali a DNA come modelli sperimentali	297
Genetica della trasformazione virale	297
Ruolo della risposta immune nel controllo dell'oncogenicità virale	298
Le proteine virali coinvolte nella trasformazione e nella tumorigenesi	299
25.4 Papillomavirus e tumori umani	300
Papillomavirus umani e carcinogenesi	300
25.5 Poliomavirus e tumori umani	301
Poliomavirus delle cellule di Merkel	301
SV40 come possibile virus oncògeno umano	301
25.6 Ruolo degli herpesvirus nei tumori umani	302
Virus di Epstein-Barr	302
Human herpesvirus 8	303
25.7 Retrovirus come virus trasformanti in modelli sperimentali	303
Retrovirus altamente oncògeni in grado di trasformare le cellule in coltura	303
Altri retrovirus oncògeni	304
25.8 Retrovirus e tumori spontanei	305
Tumori mammari nel topo	305
Leucemia a cellule T dell'adulto nell'uomo	305
25.9 Virus delle epatiti e tumore epatico	306

25.10 Prospettive per il controllo dei tumori associati ai virus	306
<i>Punti fondamentali</i>	307
<i>Domande</i>	307
<i>Lettere consigliate</i>	308

26 Vaccini e immunoterapia: la prevenzione delle malattie virali

26.1 I principi della vaccinazione	310
Immunità individuale e immunità di gregge	310
26.2 Vaccini a virus interi	311
Vaccini virali infettivi (vivi)	311
Vaccini virali non infettivi inattivati (uccisi)	313
26.3 Vantaggi e svantaggi dei vaccini virali interi	313
26.4 Vaccini a subunità	317
26.5 Vantaggi e svantaggi dei vaccini a subunità	318
26.6 Considerazioni relative allo sviluppo e all'uso dei vaccini	318
Età dei vaccinati	319
Vaccini multivalenti	319
Uso dei vaccini dopo esposizione	319
Uso degli adiuvanti	319
26.7 Reazioni avverse e complicazioni cliniche ai vaccini	320
26.8 Eradicazione delle malattie virali tramite vaccinazione	320
Il programma di eradicazione del poliovirus	321
26.9 Immunoterapia per le infezioni virali	323
26.10 Reazioni avverse e complicazioni cliniche dell'immunoterapia	324
<i>Punti fondamentali</i>	324
<i>Domande</i>	324
<i>Lettere consigliate</i>	325

27 Terapia antivirale

27.1 Scopo e limitazioni della terapia antivirale	326
27.2 Terapia antivirale per le infezioni da herpesvirus	327
27.3 Terapia antivirale per le infezioni da virus influenzale	328
27.4 Terapia antivirale per le infezioni da HIV	329
Inibitori nucleosidici della trascrittasi inversa (NRTI)	329
Altri bersagli dei farmaci anti-HIV	331
27.5 Terapia antivirale per le infezioni da virus dell'epatite	332
27.6 Terapia per altre infezioni virali	333
<i>Punti fondamentali</i>	334
<i>Domande</i>	334
<i>Lettere consigliate</i>	334

28 Malattie causate da prioni

28.1 Le malattie da prioni	335
28.2 L'ipotesi del prione	337
28.3 Eziologia delle malattie prioniche	338
28.4 Patogenesi della malattia da prioni	340
28.5 Encefalopatia spongiforme bovina (BSE)	341
28.6 BSE e comparsa della variante della malattia di Creutzfeldt-Jakob	342
28.7 Preoccupazioni relative alla variante della malattia di Creutzfeldt-Jakob	343
28.8 Problemi non risolti	344
<i>Punti fondamentali</i>	345
<i>Domande</i>	345
<i>Lettere consigliate</i>	345

Sezione V Virologia: un contesto più ampio

29 L'impatto economico dei virus

29.1 Gli aspetti economici delle infezioni virali dell'uomo	348
L'impatto economico del virus Dengue	349
L'impatto economico del virus del Nilo Occidentale negli Stati Uniti	350
L'impatto economico della SARS	350
29.2 Gli aspetti economici delle infezioni virali degli animali	350
L'impatto economico della PRRS del suino negli Stati Uniti	351

L'impatto economico dell'epidemia del 2001 dell'afta epizootica nel Regno Unito	351
L'impatto economico del virus Nipah in Malesia	352
29.3 Gli aspetti economici delle infezioni virali delle piante	352
Il mais	353
Le patate dolci	353
Le viti	354
29.4 Il crollo del mercato del tulipano olandese	354
<i>Punti fondamentali</i>	355
<i>Lettere consigliate</i>	355

30 I virus ricombinanti: costruire virus che lavorino per noi

30.1 Virus ricombinanti da usare come vaccini	356
30.2 Virus ricombinanti per la terapia genica	358
30.3 Vettori retrovirali per la terapia genica	359
30.4 Vettori adenovirali per la terapia genica	361
30.5 Vettori adeno-associati per la terapia genica	362
30.6 Virus oncolitici per la terapia dei tumori	362
30.7 Virus ricombinanti in laboratorio (a scopo di ricerca)	363
<i>Punti fondamentali</i>	364
<i>Domande</i>	364
<i>Lecture consigliate</i>	364

31 I virus: modellare il pianeta

31.1 Le infezioni virali possono dare all'ospite un vantaggio evolutivo	365
31.2 I retrovirus endogeni e la biologia dell'ospite	366
31.3 I batteriofagi come determinanti di patogenicità per i loro ospiti	368
31.4 I cianofagi e l'impatto sulla fissazione del carbonio e sugli ecosistemi oceanici	368
31.5 Virologia e società: nel bene e nel male	369
<i>Punti fondamentali</i>	369
<i>Domande</i>	369
<i>Lecture consigliate</i>	369

Indice analitico	371
-------------------------	-----