

専門医のための

# 眼科診療クオリファイ

◇シリーズ総編集

大鹿哲郎 筑波大学

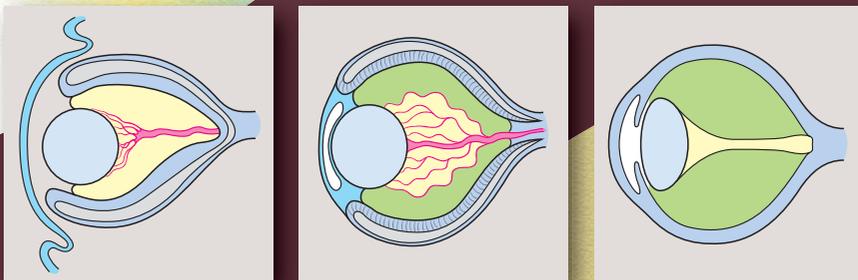
大橋裕一 愛媛大学

30

## 眼の発生と解剖・機能

◇編集

大鹿哲郎 筑波大学



中山書店

## シリーズ刊行にあたって

21世紀は quality of life（生活の質）の時代といわれるが、生活の質を維持するためには、感覚器を健康に保つことが非常に重要である。なかでも、人間は外界の情報の80%を視覚から得ているとされるし、ゲーテは「視覚は最も高尚な感覚である」（ゲーテ格言集）との言葉を残している。視覚を通じての情報収集の重要性は、現代文明社会・情報社会においてますます大きくなっている。

眼科学は最も早くに専門分化した医学領域の一つであるが、近年、そのなかでも専門領域がさらに細分化し、新しいサブスペシャリティを加えてより多様化している。一方で、この数年間でもメディカル・エンジニアリング（医用工学）や眼光学・眼生理学・眼生化学研究の発展に伴って、新しい診断・測定器機や手術装置が次々に開発されたり、種々のレーザー治療、再生医療、分子標的療法など最新の技術を生かした治療法が導入されたりしている。まさにさまざまな叡智が結集してこそ、いまの眼科診療が成り立つといえる。

こういった背景を踏まえて、眼科診療を担うこれからの医師のために、新シリーズ『専門医のための眼科診療クオリファイ』を企画した。増え続ける眼科学の知識を効率よく整理し、実際の日常診療に役立ててもらうことを目的としている。眼科専門医が知っておくべき知識をベースとして解説し、さらに関連した日本眼科学会専門医認定試験の過去問題を“カコモン読解”で解説している。専門医を目指す諸君には学習ツールとして、専門医や指導医には知識の確認とブラッシュアップのために、活用いただきたい。

大鹿 哲郎

大橋 裕一

## 序

組織の発生と解剖を知ることは、医学を学ぶ者にとって基礎中の基礎である。組織の成り立ちと構成を知ってはじめて、その機能と病態を理解することができる。また、発生学・解剖学の知識は、正しい診断と治療方針の立案に欠かすことができない。安全に、かつ効率よく手術を行ううえでも、局所解剖の正確な理解は必要不可欠である。

本巻では、眼の発生に関する基礎的な解説から始め、それぞれの眼組織における局所解剖学と機能について記述した。純粋な解剖学・機能生理学だけではなく、臨床に配慮した記述を行っていただくよう、執筆者には依頼した。

医学の入門分野としての解剖学・機能生理学は、いかにも味気ない知識の羅列に過ぎず、記憶力がものをいう学問のように思われるかもしれない。しかし、いったん臨床を経験してから学ぶ振り返りとしての解剖学・機能生理学は、日々の臨床に新たな視点を与えてくれる実際的な学問である。病変の位置と広がりの意味を、発生学の知識に照らし合わせて理解することができる。薬物療法や手術療法の合理的な意味合いを、解剖学・機能生理学の理論に求めて納得できる場面も少なくない。本巻の執筆者はいずれも第一線の臨床家である。発生学・解剖学・機能生理学がもつ臨床的意義を知り尽くした執筆陣による、実際的な記述となっている。

日本眼科学会専門医認定試験において、発生・解剖・機能分野の出題頻度はかなり高い。テーマが異なるため既刊でとりあげる機会のなかった過去問題も本巻に収載され、そのため“カコモン読解”収載数は本シリーズで最多となった。非常に重要な基礎知識を問うている設問が多いので、この部分だけを選んで読み進めていただくのも、有用な本書の活用法のひとつであろう。

本シリーズは本巻をもって刊行を終えるが、“眼の発生と解剖・機能”というベーシックで骨太のテーマで締めることができ、シリーズ総編集のひとりとしては満足している。既刊同様、本巻も読者の眼科診療のブラッシュアップに少しでも役立つことを願っている。

2016年3月

筑波大学医学医療系眼科／教授  
大鹿 哲郎

専門医のための眼科診療クオリファイ  
30 ■ 眼の発生と解剖・機能  
目次

## 1 発生

### 眼の発生

<b>カコモン読解</b>	18一般1 18臨床1 20一般1 20一般2 21一般5 21一般8 21一般53 23一般2 23臨床2 24一般10 25一般2 25臨床1 26一般2 ……………	仁科幸子	2
---------------	--	------	---

## 2 眼窩, 眼瞼

眼窩	<b>カコモン読解</b>	19一般13 20一般23 20臨床50 21一般4 22一般2 23一般25 23臨床1 24一般3 24一般9 25一般9 25一般11 26一般3 26一般6 ……………	高比良雅之	22
眼瞼	<b>カコモン読解</b>	18一般12 20一般10 20臨床2 21臨床8 23一般27 26一般10 ……………	野間一列	33
眼瞼の腺組織	<b>カコモン読解</b>	19一般26 21一般26 22臨床9 ……………	有田玲子, 白川理香	43
瞬目 (生理, 反射)	<b>カコモン読解</b>	20一般77 20一般90 24一般23 25一般28 ……………	山口昌彦, 池川和加子	49

## 3 外眼筋

外眼筋	<b>カコモン読解</b>	18一般7 19一般14 19一般62 19一般64 19臨床4 20一般8 22一般7 23一般11 23一般12 24一般5 24一般8 24一般60 24一般95 24臨床1 25一般1 ……………	木村垂紀子	58
眼球運動の神経支配	<b>カコモン読解</b>	20一般69 21臨床36 23一般75 26一般73 26一般75 26一般76 ……………	根岸貴志	71
眼球運動の種類	<b>カコモン読解</b>	18臨床37 24臨床32 25一般74 ……………	森 隆史	77

## 4 眼表面, 強角膜

### 涙腺と涙液分泌

<b>カコモン読解</b>	19一般1 23一般8 ……………	小川葉子	84
---------------	-------------------	------	----

**カコモン読解** 過去の日本眼科学会専門医認定試験から、項目に関連した問題を抽出し解説する“カコモン読解”がついています。(凡例: 21 臨床30 → 第21回臨床実地問題30問, 19一般73 → 第19回一般問題73問)  
試験問題は、日本眼科学会の許諾を得て引用転載しています。本書に掲載された模範解答は、実際の認定試験において正解とされたものとは異なる場合があります。ご了承ください。

## 角膜前涙液層

**カコモン読解** 24一般1 ..... 堀 裕一 92

## 涙道

**カコモン読解** 22一般3 24一般51 26一般86 ..... 永原 幸 98

## 角膜上皮

**カコモン読解** 18一般81 20一般87 25一般3 25一般13 25臨床2 ..... 細谷友雅 107

## 角膜実質

**カコモン読解** 18一般11 19一般3 19一般31 21一般9 21一般11 25一般8 ..... 森重直行 116

## 角膜内皮細胞

**カコモン読解** 21一般12 23臨床36 24一般2 24一般32 ..... 森 洋齊 125

## 結膜

**カコモン読解** 19一般27 19一般84 20一般9 21一般31 24一般6 ..... 白石 敦 134

角結膜の創傷治癒 ..... 出口香穂里, 近間泰一郎 144

## 強膜

**カコモン読解** 25一般12 ..... 小幡博人 153

## 5 虹彩, 毛様体, 房水

## 虹彩

**カコモン読解** 19臨床2 25一般5 25一般61 26一般74 ..... 馬詰朗比古, 毛塚剛司 160

## 瞳孔運動・反応

**カコモン読解** 18一般55 18一般56 18一般58 19一般8 19一般71 20一般74  
20一般75 20一般76 21一般74 23一般13 23一般73 24一般66  
24一般67 24一般68 25一般71 26一般7 26一般69 ..... 中馬秀樹 165

## 毛様体

**カコモン読解** 18一般96 19一般7 20一般96 25一般7 25一般78 26一般11 26一般99 ..... 岡本芳史 186

## 隅角

**カコモン読解** 18臨床34 18臨床35 21臨床6 23臨床38 24一般4 24一般74 25一般76  
25一般81 25臨床39 26一般1 ..... 久保田敏昭 195

**CQ** OCTによる隅角構造の測定について教えてください ..... 酒井 寛 205

## 房水

**カコモン読解** 18一般6 18一般63 19一般6 19一般78 20一般3 20一般81 20一般86  
21一般3 24一般71 25一般75 25一般79 26一般5 ..... 後沢 誠 209

## 6 水晶体, 硝子体

## 水晶体

**カコモン読解** 18一般10 19一般4 19一般5 20一般13 21一般37 21一般38 22一般4  
22一般36 23一般15 23一般38 23一般39 23一般57 24一般33 24一般34  
25一般4 25一般37 ..... 久保江理 220

## Zinn小帯

**カコモン読解** 20一般92 ..... 坂部功生 241

## 硝子体

**カコモン読解** 18一般2 20一般6 20一般14 20一般42 21一般10 23一般7 ..... 板倉宏高 250

**CQ** “クリニカル・クエスチョン”は、診断や治療を進めていくうえでの疑問や悩みについて、解決や決断に至るまでの考えかた、アドバイスを解説する項目です。

## 7 網膜，脈絡膜

網膜	<b>カコモン読解</b>	18一般8 19一般9 19一般10 19一般11 19臨床1 20一般11 20一般37 20臨床1 21一般2 21一般82 22一般10 22一般85 23一般10 26一般9 ……………	久富智朗	262	
OCT画像と網膜組織の対応	<b>カコモン読解</b>	22臨床3 22臨床22 23臨床7 23臨床21 23臨床26 23臨床35 24臨床4 ……………	大音壮太郎	275	
<b>CQ</b>	眼底自発蛍光の意義について教えてください	<b>カコモン読解</b>	20一般40 ……………	加藤亜紀, 吉田宗徳	289
<b>CQ</b>	網膜神経線維層厚の定量について教えてください			庄司拓平	297
網膜と電気生理	<b>カコモン読解</b>	18一般16 19一般43 21臨床22 21臨床24 22一般9 22一般37 22臨床19 23一般14 23臨床23 24一般11 24臨床27 26一般13 ……………	上野真治	302	
網膜の血管と血流	<b>カコモン読解</b>	20一般12 23一般1 ……………	長岡泰司	319	
血液網膜関門			戸田良太郎, 河津剛一	328	
網膜色素上皮	<b>カコモン読解</b>	18一般9 21臨床1 23一般6 ……………	中武俊二, 池田康博	333	
脈絡膜	<b>カコモン読解</b>	18一般36 19一般12 ……………	加治優一	342	
<b>CQ</b>	生体眼で脈絡膜はどこまで観察できますか？	<b>カコモン読解</b>	23一般9 ……………	丸子一郎	346

## 8 視神経，視路，視中枢

視神経	<b>カコモン読解</b>	19一般2 20一般7 22一般8 25一般10 26一般72 ……………	敷島敬悟	352	
<b>CQ</b>	視神経乳頭の形状解析について教えてください	<b>カコモン読解</b>	19一般75 26一般81 ……………	齋藤 瞳	361
視路	<b>カコモン読解</b>	19一般69 20一般66 23一般76 26一般8 ……………	渡邊恵美子, 溝田 淳	368	
中枢神経 (III～VIII)	<b>カコモン読解</b>	18一般57 19一般72 20一般4 20一般73 21一般1 22一般1 23一般74 23一般93 ……………	中村 誠	373	
<b>CQ</b>	眼・心臓反射について教えてください			石川 弘	393
眼窩，頭蓋の画像所見	<b>カコモン読解</b>	19臨床7 19臨床28 20一般16 20臨床6 20臨床7 20臨床26 21臨床28 24臨床31 25一般16 25臨床8 25臨床9 26臨床28 26臨床36 26臨床37 26臨床43 ……………	橋本雅人	396	

文献\* 415

索引 429

\* “文献” は，各項目でとりあげられる引用文献，参考文献の一覧です。

## 眼の発生

### 眼の発生の概要<sup>1,2)</sup>

視覚器は光の受容器である眼球と付属器（眼瞼、涙器、外眼筋、眼窩組織）から構成されている。眼球は神経組織（網膜、視神経）、透光組織（角膜、水晶体、硝子体）、ぶどう膜（虹彩、毛様体、脈絡膜）、外壁（角膜、強膜）からなる複雑な臓器である。これらの組織は、形態形成遺伝子の制御によって異なった原基から形成され、相互に影響を及ぼしながら眼球全体が完成する。

眼の形態は、誘導の連鎖によって形成されていく。胎生3週に、原腸形成から初期神経胚、尾芽胚が形成され、外胚葉（背側層）、内胚葉（内側層）の間に中胚葉が形成される。外胚葉は体軸に沿って原始線条となり、内陥して管状の脊索を形成する。脊索となる細胞は外胚葉から神経板を誘導し、次に神経溝、神経管となって前脳が誘導される。神経溝から形成された眼溝から眼胞が形成されると、眼胞・眼杯が表層外胚葉に働きかけて水晶体が誘導され、水晶体は表層外胚葉から角膜を誘導する。

### 初期眼球の発生<sup>2-4)</sup>

初期眼球が発生し器官形成が始まる胎生3～8週は、子宮内感染、薬物、アルコールなどの影響によって先天異常を生じやすい。また初期発生に関与する遺伝子の異常によって無眼球、小眼球をはじめ、全眼球に及ぶ高度の先天異常を生じる。時間・空間的にプログラムされた各細胞の増殖・分化・アポトーシスおよび組織の相互作用によって複雑な眼組織が形成されるため、初期の異常によって連鎖的に形態形成が障害されやすい。

**眼原基の発生：**胎生3週、中枢神経の原基である神経溝の両側に溝が出現し、眼溝になることから始まる。神経溝が深まるとともに、眼原基は両外側に向かって陥凹し、眼小窩が形成される（図1）。胎生4週初めに神経溝は閉鎖して神経管となり前脳を形成するが、眼小窩は外方に突出して第1次眼胞となる（図2）。眼胞は膨大して

文献は p.415 参照。

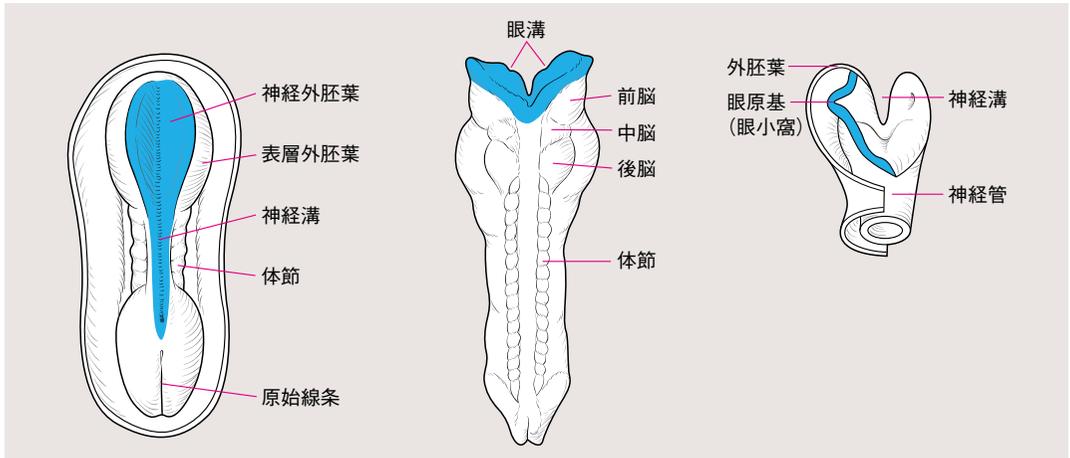


図1 眼原基（眼溝，眼小窩）の発生

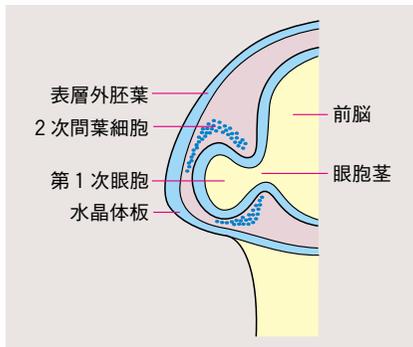


図2 第1次眼胞と水晶体板

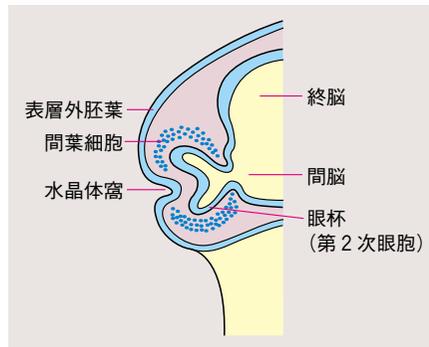


図3 第2次眼胞（眼杯）と水晶体窩

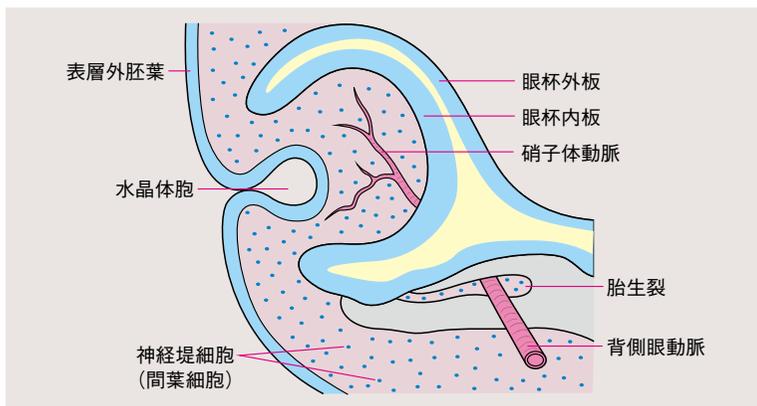


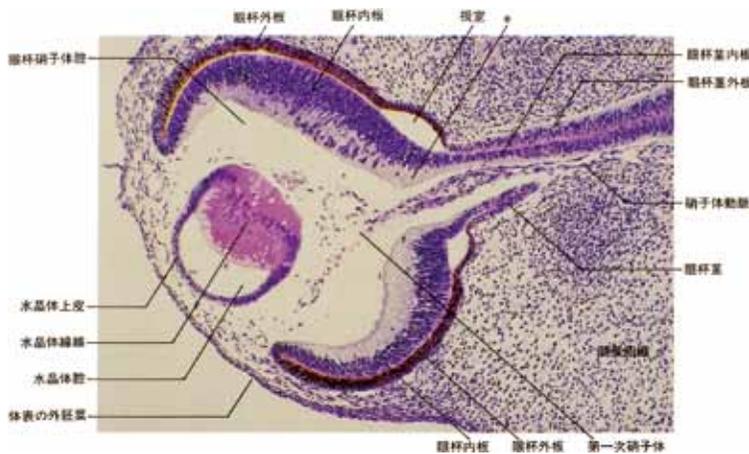
図4 眼杯，水晶体胞，胎生裂の形成

表層外胚葉と接するようになる。眼胞と前脳の間はくびれて視莖（眼胞茎）となる。

眼杯，水晶体胞，胎生裂の形成：胎生4週の終わりに第1次眼胞の



a. 胎生5週



b. 胎生6週

図5 胎生5週の眼杯と水晶体胞 (a), 胎生5週終わり頃にみられる胎生裂閉鎖 (b)

\* : 眼杯内板が眼杯基内板に移行するところ。

(a/東 範行：視覚器の発生と先天異常. 木下 茂ら編. 標準眼科学 第12版. 東京：医学書院；2013. p.221. 図13-6b. 資料提供：国立成育医療研究センター病院眼科 東 範行先生.

b/溝口史郎：視覚器の発生. 大庭紀雄ら編. 眼科学大系 10A 眼の発生と遺伝. 東京：中山書店；1998. p.3-28.)

外側が中枢側に向かって陥凹し、眼杯（第2次眼胞）となる（図3）。眼杯が形成されると眼胞の壁は接して二重となり、眼杯内板（表層外胚葉側）と眼杯外板（中枢側）を形成する。眼杯内板の陥入は腹側寄りから中枢へ向かい、胎生5週までに眼杯腹側には深い切れ込みが形成されて眼杯茎まで及ぶ。眼杯裂と眼杯茎裂をあわせて胎生裂という（図4）。

眼杯内板から神経網膜、眼杯外板から網膜色素上皮が分化していくが、眼杯内板に発生した神経細胞の軸索は、眼杯茎を経て間脳へ達する道が確保される。また、内頸動脈から分枝して眼杯の基部に達した眼動脈から1本の枝が出て、胎生裂から侵入する。この動脈が、間葉細胞を伴って胎生裂の中を前進して硝子体動脈となり、胎生血管系組織を形成する。

表層外胚葉では、第1次眼胞と接する胎生4週に水晶体原基である水晶体板を形成する。眼杯の形成とともに水晶体板は陥入して水晶体窩となり、続いて水晶体胞を形成する（図5）。

**神経堤細胞の侵入、胎生裂閉鎖**：神経堤細胞は、神経溝の細胞が外

側に向かって分離することによって発生する。表層外胚葉との境で神経溝に沿って移動増殖し、眼胞を覆って中胚葉の性格を帯びてくる\*1。眼杯が形成されると、神経堤細胞（2次間葉細胞）は眼杯裂や眼杯前縁から眼杯内や水晶体胞周囲に侵入する（図4,5）。胎生裂は胎生6週までに閉鎖し、以降、器官形成と各眼組織の分化が進む。

**\*1** 頭頸部には真の中胚葉（1次間葉細胞）を形成する体節がなく、中胚葉由来と考えられる組織の大部分は神経堤細胞（2次間葉細胞）由来である。

### 眼組織の発生起源

眼組織の発生起源は外胚葉と神経堤細胞（2次間葉細胞）由来に大別され、外胚葉は神経外胚葉と表層外胚葉に分けられる。各眼組織の胚葉由来を表1に示す。中胚葉由来の眼組織は非常に少ない。硝子体は神経堤細胞と網膜が産生に関与していると考えられている。

### 眼組織の分化と発達<sup>3-5)</sup>

**角膜（図6）**：胎生6週、表層外胚葉から水晶体胞が分離し神経堤細胞が間に侵入する。胎生8週頃に表層外胚葉から角膜上皮が分化

表1 各眼組織の胚葉由来

神経外胚葉	感覚網膜, 神経線維, グリア, 網膜色素上皮, 毛様体色素上皮・無色素上皮, 虹彩上皮, 瞳孔括約筋・散大筋
表層外胚葉	眼瞼表皮, 結膜上皮, 角膜上皮, 水晶体, 涙腺, 涙道上皮, 瞼板腺, Zeis腺, Moll腺, 睫毛
神経堤細胞 (2次間葉細胞)	角膜実質・内皮, 隅角線維柱帯, 虹彩実質, 脈絡膜, 強膜, 毛様体筋, 視神経鞘, 眼瞼皮下組織, 結膜下結合組織, 眼窩内結合組織, 血管周囲細胞, Schwann細胞, 軟骨・骨組織
中胚葉	外眼筋, 血管内皮

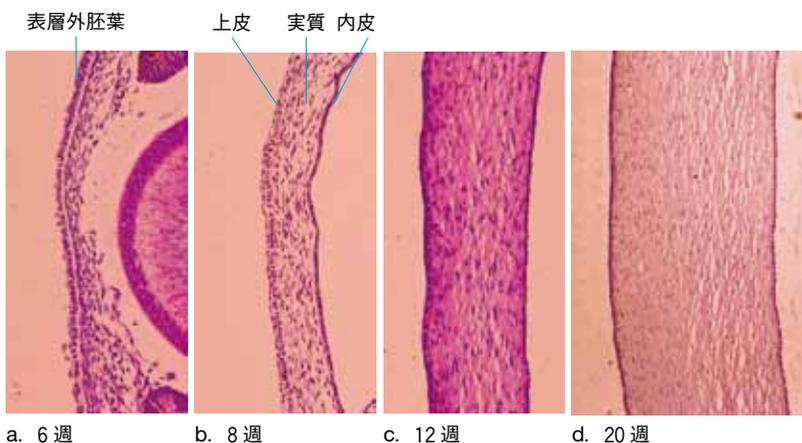


図6 角膜の発生

(資料提供：国立成育医療研究センター病院眼科 東 範行先生。)