

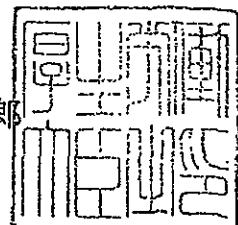
厚生労働省発食安第0830010号

平成18年8月30日

薬事・食品衛生審議会

会長 井村伸正 殿

厚生労働大臣 川崎二郎



諮問書

食品衛生法(昭和22年法律第233号)第11条第1項の規定に基づき、下記の事項について、貴会の意見を求める。

記

食品中に残留する次の動物用医薬品の基準設定について

オフロキサシン

平成 18 年 12 月 1 日

薬事・食品衛生審議会

食品衛生分科会長 吉倉 廣 殿

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会

農薬・動物用医薬品部会長 井上 達

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会

農薬・動物用医薬品部会報告について

平成 18 年 8 月 30 日付け厚生労働省発食安第 0830010 号をもって
諮問された食品衛生法（昭和 22 年法律第 233 号）第 11 条第 1 項の規定
に基づくオフロキサシンに係る食品規格（食品中の動物用医薬品の残留基
準）の設定について、当部会で審議を行った結果を別添のとおりとりまとめ
たので、これを報告する。

(別添)

オフロキサシン

1. 概要

(1) 品目名：オフロキサシン (Ofloxacin)

(2) 用途：鶏の呼吸器性マイコプラズマ病及び大腸菌症の治療

オフロキサシンはニューキノロン剤に属し、グラム陰性菌に加え、多くのグラム陽性菌に対しても有効である。国内において鶏の呼吸器性マイコプラズマ病 (*Mycoplasma gallisepticum*) 及び大腸菌症を対象に使用されている。また、ヒト臨床において上・下気道感染症や尿路感染症の治療薬として使用されている。

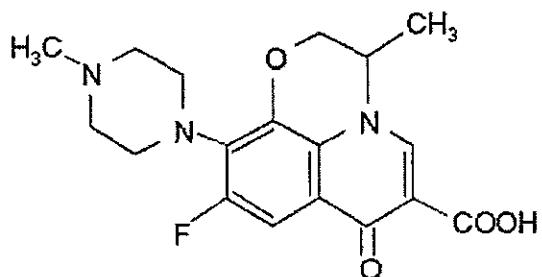
今般の残留基準設定は、オフロキサシンを有効成分とする薬剤（オキサルジン液）が動物用医薬品として承認を受けた後、所定の期間（6年）が経過したため再審査申請がなされたことに伴い、内閣府食品安全委員会においてオフロキサシンについてADI設定がなされたことによるものである。

(3) 化学名：

和名：(±)-9-フルオロ-2,3-ジヒドロ-3-メチル-10-(4-メチル-1-ピペラジニル)-7-オキソ-7H-ピリド [1, 2, 3-デ] [1, 4] ベンゾキサジン-6-カルボン酸

英名：(±)-fluoro-2,3-dihydro-3-methyl-10-(4-methyl-1-piperazinyl)-7-oxo-7H-pyrido [1, 2, 3-de] [1, 4] benzoxazine-6-carboxylic acid

(4) 構造式及び物性



分子式 : C₁₈H₂₀FN₃O₄

分子量 : 361.37

常温における性状 : 带微黄白色～淡黄白色の結晶又は結晶性粉末

融点 : 260～270°C (分解)

溶解度 : 2 g/L (20°C)

蒸気圧 : nonvolatile

(5) 適用方法及び用量

飲水 1L 当たりオフロキサシンとして 50~100 mg を均一に溶かして、又は 1 日体重 1 kg 当たりオフロキサシンとして 5~10 mg を飲水に均一に溶かして鶏(産卵鶏を除く)に 3~5 日間経口投与する。使用禁止期間は 7 日間である。なお、オキサルジン液については、使用基準が設定され、要指示薬になっている。また、第一選択薬が無効の症例のみに使用することとされている。

2. 対象動物における分布、代謝

鶏にオフロキサシンを単回経口投与したときの血中濃度推移並びに主要臓器及び組織への分布を、*Bacillus subtilis* ATCC 6051 を定量菌とするバイオアッセイにより調べた。

鶏に 12.5, 25, 50 mg/kg 体重のオフロキサシンを単回経口投与したときの血中濃度は、投与 1~2 時間後でそれぞれ 5.8, 8.5, 12.9 μg/mL と最高に達し、以後は速やかに減少して、それぞれ 8, 12, 24 時間後に定量限界 (0.8 μg/mL) 以下となった。

また、鶏に 25 mg/kg 体重のオフロキサシンを単回経口投与したときの各組織における分布を以下に示す。

主要臓器、組織及び血清におけるオフロキサシンの分布

部位	血清	筋肉	肝臓	腎臓	心臓	肺
最高濃度到達時間 (hr)	1	2	1	1	1	1
最高濃度 (ppm)	5.8±0.8	9.4±2.4	37.6±7.1	44.7±4.9	6.9±0.5	8.8±0.8

気道系及び血清におけるオフロキサシンの分布

部位	肺	気管	気嚢	血清
最高濃度到達時間 (hr)	1	0.5	1	1
最高濃度 (ppm)	11.4±2.0	30.2±4.3	8.1	5.7±1.0

なお、オフロキサシンは大部分が未変化体として尿中に排泄されることが実験動物において認められている。総排泄腔から尿のみを排泄するよう処置した鶏にオキサルジン液 2 mL/kg (オフロキサシンとして 100 ppm) を単回経口投与し、主要代謝物である N-脱メチル体のオフロキサシン未変化体に対する排泄比を求めた結果、最大で 0.44% であった。

3. 対象動物における残留試験結果

(1) 分析の概要

① 分析対象化合物：オフロキサシン

② 分析法の概要

酸性下励起波長 298 nm、蛍光波長 502 nm による蛍光法 (定量限界 0.02 ppm) 及びジアゾメタン添加により得られるメチル化体を分析対象とした検出波長 295 nm による HPLC 法 (定量限界 0.05 ppm) を用いた。

(2) 組織における残留

① 鶏にオキサルジン液を 0.4% 濃度 (オフロキサシンとして 200 ppm) 飲水に添加し

て7日間自由摂取させた。投与後1、3、5日の筋肉、脂肪、肝臓、腎臓、皮膚及び血清におけるオフロキサシン濃度を蛍光法により測定した結果を以下に示す。

鶏にオフロキサシンとして200 ppmの飲水を7日間自由摂取させた時の食用組織中のオフロキサシン濃度(ppm)

試験日 (投与後日数)	筋肉	脂肪	肝臓	腎臓	皮膚	血清
1	0.07±0.02	<0.02(2), 0.02, 0.03, 0.04	1.0±0.1	0.12±0.06	0.09±0.03	0.06±0.02
3	<0.02(2), 0.03(3)	<0.02	0.04±0.00	0.05±0.01	0.05±0.00	0.03±0.01
5	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

定量限界:0.02 ppm

② 鶏にオキサルジン液を0.2%濃度又は0.4%濃度(オフロキサシンとして100 ppm又は200 ppm)飲水に添加して7日間自由摂取させた。投与後1、3、5日の筋肉、脂肪、肝臓、腎臓、皮膚及び血清におけるオフロキサシン濃度をHPLC法により測定した結果を以下に示す。

鶏にオフロキサシンとして100 ppm又は200 ppmの飲水を7日間自由摂取させた時の食用組織中のオフロキサシン濃度(ppm)

試験日 (投与後日数)	筋肉		脂肪		肝臓	
	100 ppm	200 ppm	100 ppm	200 ppm	100 ppm	200 ppm
1	<0.05(3), 0.08, 0.09	<0.05(4), 0.05	<0.05(4), 0.05	0.11±0.02	<0.05(2), 0.05(2), 0.06	0.08±0.01
3	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
5	<0.05	—	<0.05	<0.05	<0.05	—

試験日 (投与後日数)	腎臓		皮膚		血清	
	100 ppm	200 ppm	100 ppm	200 ppm	100 ppm	200 ppm
1	<0.05	0.08±0.03	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
3	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	—
5	—	—	—	<0.05	—	—

定量限界:0.05 ppm — : 検査実施せず

4. 許容一日摂取量(ADI)評価

食品安全基本法(平成15年法律第48号)第24条第1項第1号の規定に基づき、平成17年9月13日付け厚生労働省発食安第0913002号により、食品安全委員会委員長あて意見を求めたオフロキサシンに係る食品健康影響評価について、以下のとおり評価されている。

オフロキサシンについては、遺伝毒性、発がん性を示さないと考えられ、ADIを設定することが可能である。

毒性学的影響について最も低い用量で被験物質投与の影響が認められたと考えられる指標は、幼若イヌを用いた8日間関節毒性試験におけるNOAEL 5 mg/kg 体重/日であった。この知見からADIを設定するにあたっては、種差10、個体差10の安全係数100に加え、関節毒性試験の試験期間が短いこと、及び、発がん性/慢性毒性試験の知見がないこと等を総合的に考慮して10を適用し、ADIは0.005 mg/kg 体重/日

と設定される。

一方、微生物学的影響について現時点では利用可能なものは *in vitro* の MIC₅₀のみであった。

結腸内容物に 220 g、細菌が暴露される分画に 30% (尿中回収率より推測) 安全係数に 1、ヒト体重に 60 kg を適用すると、

$$\text{ADI (mg/kg 体重/日)} = \frac{0.0005 (\text{mg/mL}) \times 220 (\text{g})}{0.3 \times 1 \times 60 (\text{kg})} = 0.006 \text{ mg/kg 体重/日}$$

となる。

otoxicological influence から導かれる ADI と microbiological influence から導かれる ADI を比較すると、現時点においては toxicological data から導かれた値がより小さくなり、感受性が高いと考えられることから、オフロキサシンの残留基準を設定するに際しての ADI としては、0.005 mg/kg 体重/日と設定することが適当であると考えられる。

オフロキサシン 0.005 mg/kg 体重/日

5. 諸外国における使用状況

オキサルジン液はアジアの数カ国でも使用実績があるが、主剤であるオフロキサシンの欧州や米国における食用動物を対象とした使用はない。また、EMEA、FDA、JECFAにおける評価は行われていない(平成 18 年 8 月現在)。

6. 残留基準値

(1) 残留の規制対象：オフロキサシン

(2) 残留基準値(案)

残留試験成績結果を鑑み、以下のとおり残留基準値を設定する。なお、国内における使用禁止期間は 7 日である。

また、今後、食品安全委員会において薬剤耐性菌を介した影響についての評価が示された段階で、必要に応じて残留基準値を見直すこととする。

部位 (対象動物)	残留基準値(*2)	残留基準値(案)
筋肉 (鶏)	0.05	0.05
脂肪 (鶏)	0.05	0.05
肝臓 (鶏)	0.05	0.05
腎臓 (鶏)	0.05	0.05
食用部分 (鶏) (*1)	0.05	0.05

*1：筋肉、脂肪、肝臓及び腎臓を除く食用に供される部分をいう。

*2：平成 17 年厚生労働省告示第 499 号により設定(平成 18 年 5 月 29 日施行)。

(3) ADI 比

各食品において基準値(案)の上限まで本剤が残留したと仮定した場合、国民栄養調査結果に基づき試算される、1日当たり摂取するオフロキサシンの量(理論最大摂取量(TMDI))のADIに対する比は、以下のとおりである。

	TMDI/ADI (%)
国民平均	0.38
小児(1~6歳)	1.3
妊婦	0.29
高齢者(*)	0.37

* 高齢者については畜水産物の摂取量データがないため、国民平均の摂取量を参考とした。

<試算の詳細>国民平均の摂取量の試算例(体重53.3kg)

食品	基準値案 (ppm) (A)	当該食品の摂食量 (g/人/日) (B)	オフロキサシン 推定摂取量(μ g/人/日) (A) × (B)
筋肉(鶏)	0.05	19.76	0.988 (*)
脂肪(鶏)	0.05	0.29	0.015
肝臓(鶏)	0.05	0	0
腎臓(鶏)	0.05	0.15	0.008
計(μ g/人/日)			1.01
許容一日摂取量(μ g/人/日)			266.5
ADI比(%)			0.38

* 筋肉の基準値×筋肉及び脂肪の摂取量。

(4) 本剤については、食品、添加物の規格基準(昭和34年厚生省告示第370号)一般規則7に残留基準が定められているが、今般、我が国における科学的評価に基づき残留基準を設定するため、一般規則7より削除し、一般規則6に新たに残留基準を定めるものとする。

答申（案）

オフロキサシン

食品名	残留基準値 ppm
鶏の筋肉	0.05
鶏の脂肪	0.05
鶏の肝臓	0.05
鶏の腎臓	0.05
鶏の食用部分 ^(注1)	0.05

（注1） 筋肉、脂肪、肝臓及び腎臓を除く食用に供される部分をいう。

(参考)

これまでの経緯

- 平成17年9月13日 • 厚生労働大臣から食品安全委員会委員長あてに食品健康影響評価依頼
- 平成17年11月24日 • 食品安全委員会委員長から厚生労働大臣あてに食品健康影響評価結果通知
- 平成18年8月30日 • 厚生労働大臣から薬事・食品衛生審議会会长あてに残留基準の設定について諮問
- 平成18年9月6日 • 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会農薬・動物用医薬品部会における審議

● 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会農薬・動物用医薬品部会

[委員]

- 青木 宙 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科教授
○井上 達 国立医薬品食品衛生研究所安全性生物試験研究センター長
井上 松久 北里大学医学部微生物学教室教授
大野 泰雄 国立医薬品食品衛生研究所副所長
小沢 理恵子 日本生活協同組合連合会くらしと商品研究室長
加藤 保博 財団法人残留農薬研究所理事
志賀 正和 社団法人農林水産先端技術産業振興センター研究開発部長
下田 実 東京農工大学農学部獣医学科助教授
豊田 正武 實践女子大学生活科学部生活基礎化学研究室教授
中澤 裕之 星薬科大学薬品分析化学教室教授
米谷 民雄 国立医薬品食品衛生研究所食品部長
山添 康 東北大学大学院薬学研究科医療薬学講座薬物動態学分野教授
吉池 信男 独立行政法人国立健康・栄養研究所研究企画評価主幹

(○ : 部会長)

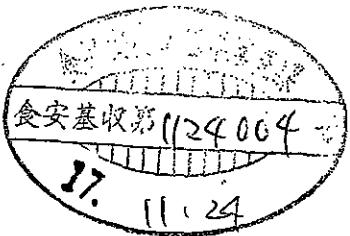
「食品、添加物等の規格基準（昭和34年厚生省告示第370号）の一部改正（食品中の動物用医薬品（オフロキサシン）の残留基準設定）」についての意見・情報の募集結果について

平成18年12月
厚生労働省医薬食品局
食品安全部基準審査課

「食品、添加物等の規格基準（昭和34年厚生省告示第370号）の一部改正（食品中の動物用医薬品（オフロキサシン）の残留基準設定）」について、平成18年11月1日から12月1日まで、インターネットのホームページを通じて御意見を募集したところです。

その結果、当該案に対する御意見は寄せられませんでした。

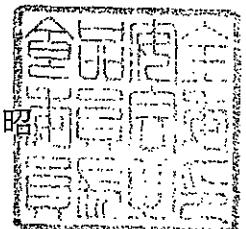
今後、本案については、薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会の答申を得て、告示の改正を行う予定です。



府食第1142号
平成17年11月24日

厚生労働大臣
川崎 二郎 殿

食品安全委員会
委員長 寺田 雅昭



食品健康影響評価の結果の通知について

平成17年9月13日付け厚生労働省発食安第0913002号をもって貴省から当委員会に対して求められたオフロキサシンに係る食品健康影響評価の結果は下記のとおりです、食品安全基本法(平成15年法律第48号)第23条第2項の規定に基づき通知します。

なお、食品健康影響評価の詳細をまとめたものは別紙のとおりです。

記

オフロキサシンの1日摂取許容量を0.005mg/kg体重/日と設定する。

(別紙)

動物用医薬品評価書

オフロキサシンを有効成分とする鶏の飲水添加剤(オキ
サルジン液)の再審査に係る食品健康影響評価について

2005年11月

食品安全委員会 動物用医薬品専門調査会

〈審議の経緯〉

平成16年10月29日	農林水産大臣から食品健康影響評価について要請、関係書類の接受
平成16年11月4日	第68回食品安全委員会(要望事項説明)
平成16年11月16日	第20回動物用医薬品専門調査会
平成17年6月21日	第29回動物用医薬品専門調査会
平成17年7月21日	第31回動物用医薬品専門調査会
平成17年8月29日	第32回動物用医薬品専門調査会
平成17年9月13日	厚生労働大臣から食品健康影響評価について要請、関係書類の接受
平成17年9月15日	第111回食品安全委員会(要望事項説明)
平成17年9月22日	第112回食品安全委員会(報告)
平成17年9月22日－10月19日	国民からの意見情報の募集
平成17年11月22日	動物用医薬品専門調査会座長から食品安全委員会委員長に報告
平成17年11月24日	第121回食品安全委員会において報告内容の確認・了承 食品安全委員会委員長から農林水産大臣、厚生労働大臣に通知

〈食品安全委員会委員〉

委員長	寺田 雅昭
委員長代理	寺尾 允男
	小泉 直子
	坂本 元子
	中村 靖彦
	本間 清一
	見上 鮎

〈食品安全委員会動物用医薬品専門調査会専門委員〉

H 17. 9. 30まで

座長	三森 国敏
座長代理	井上 松久
	青木 宙
	明石 博臣
	江馬 真
	大野 泰雄
	菅野 純
	嶋田 基五郎
	鈴木 勝士

津田 洋幸
寺本 昭二
長尾 美奈子
中村 政幸
林 真
藤田 正一

H 17. 10. 1から

座長	三森 国敏
座長代理	井上 松久
	青木 宙
	明石 博臣
	江馬 真
	大野 泰雄
	小川 久美子
	渋谷 淳
	嶋田 基五郎
	鈴木 勝士

津田 修治
寺本 昭二
長尾 美奈子
中村 政幸
林 真
藤田 正一
吉田 緑

オフロキサシンを有効成分とする鶏の飲水添加剤(オキサルジン液)の再審査に係る食品健康影響評価について

1. オキサルジン液について⁽¹⁾

オキサルジン液については、平成4年7月10日に農林水産大臣より動物用医薬品として承認を受けた後、所定の期間(6年)が経過したため再審査申請が行われた。製剤の内容については次の通りである。

①主剤

主剤はオフロキサシンである。

②効能・効果

適応症は鶏の呼吸器性マイコプラズマ病、大腸菌症で、有効菌種はマイコプラズマ・ガリセプチカム、大腸菌である。

③用法・用量

飲水1L当たりオフロキサシンとして50～100mgを均一に溶かして、または1日体重1kg当たりオフロキサシンとして5～10mgを飲水に均一に溶かして鶏(産卵鶏を除く)に3～5日間経口投与する。休薬期間は7日である。なお、本製剤については第一選択薬が無効の症例のみに使用することとされている。

④その他

防腐剤としてパラオキシ安息香酸エチル及びプロピルが使用されているが、これらは食品添加物としての使用歴があり、含有量もごく微量であることから、投与量と休薬期間を考慮すると影響は無視できると考えられる。

2. 再審査における安全性に関する知見等について

(1)ヒトに対する安全性について⁽²⁾

オキサルジン液は上記の通り国内では鶏の呼吸器性マイコプラズマ病、大腸菌症を対象に使用されており、アジアの数ヶ国でも使用実績があるが、主剤であるオフロキサシンの欧州や米国における食用動物を対象とした使用はない。EMEA、FDA、JECFAにおける評価は行われていない。日本においてADI及びMRLの設定はされていない。

(2)安全性に関する研究報告について⁽²⁾

調査期間中のMedlineを含むデータベース検索の結果、耐性菌に関する報告等が複数報告されている。

(3)承認後の副作用報告について⁽²⁾

鶏に対する安全性について、調査期間中に1,629,946羽の調査が実施され、鶏に対する新たな副作用は認められなかつたとされている。

3. 再審査に係る評価について

1) 残留基準設定に係る評価について

本製剤は鶏に飲水投与されるが、日本においてMRLの設定はなされていないことから、オフロキサシンのADI設定について別添の通り評価を実施した。オフロキサシンの残留基準設定に係る食品健康影響評価については、ADIとして次の値を採用することが適當と考えられる。

オフロキサシン 0.005mg/kg体重/日

2) 薬剤耐性菌に係る評価について

本剤の再審査に係る評価については、薬剤耐性菌を介した影響について考慮する必要があ

り、これについてはなお検討中である。

<出 典>

- (1) オキサルジン液 再審査申請書(未公表)
- (2) オキサルジン液 再審査申請書添付資料:効能又は効果及び安全性についての調査資料(未公表)

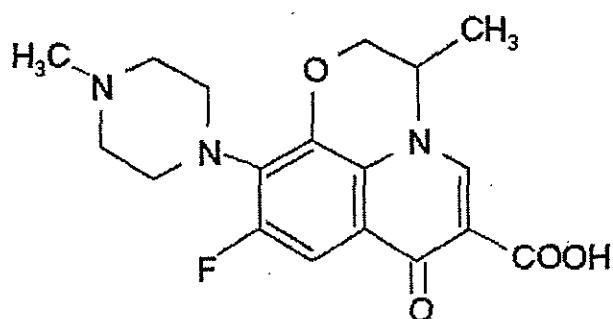
(別添)

オフロキサシンの食品健康影響評価について

1. 薬剤の概要

(1) 物質名^{(1),(2)}

オフロキサシン(Ofloxacin)



分子式 : C₁₈H₂₀FN₃O₄

分子量 : 361.37

常温における性状 : 帯微黄白色～淡黄白色の結晶または結晶性粉末

融点 : 260～270°C (分解)

溶解度 : 2 g/L (20°C)

蒸気圧 : nonvolatile

(2) 効能・効果

オフロキサシンはニューキノロン^a剤に属し、グラム陰性菌に加え、多くのグラム陽性菌に対しても有効である。作用は殺菌的であり、細菌のⅡ型トポイソメラーゼ^bであるDNA ジャイレース、あるいはトポイソメラーゼIVに作用し DNA 複製を阻害するものと考えられている⁽³⁾。オフロキサシンは2つの光学異性体のラセミ体であるが、(S)-(-)-アイソマーが(R)-(+)-アイソマーと比較してより強い抗菌活性を示し、オフロキサシンが示す抗菌活性の主要をなすことが明らかになっている。現在、(S)-(-)-アイソマーは単独でレボフロキサシン(Levofloxacin)として利用されている。

(3) その他

オフロキサシンを主剤とする動物用医薬品は、国内では鶏の呼吸器性マイコプラズマ病、大腸菌症を対象に使用されている。歐州、米国では食用動物に対しては使用されていない。また、オフロキサシン及びレボフロキサシンはヒト臨床において上・下気道感染症や尿路感染症の治療薬として使用されている。

^a ノルフロキサシン以降に合成された塩基性環の6位にフッ素、7位に環状塩基性基を有するキノロン薬を総称して言う。

^b DNA鎖に一時的な切れ目を導入し、閉環DNAの超らせんの程度の調節や連環状二量体の形成・解除に作用する。

2. 毒性試験の概要

2-1. 吸収・分布・代謝・排泄

【マウスにおける単回投与試験】^{(4), (5)}

ICR 系マウス(雄 5 匹)におけるオフロキサシン(5mg/kg 体重)の単回強制経口投与において、 T_{max} は 0.5 時間以内であり、その時の C_{max} は約 1.3 μ g/ml であった。 $T_{1/2}(\beta \text{ 相})$ は 1.0 時間であった。⁽⁴⁾

ICR 系マウス(雄最低 8 匹/群)にオフロキサシン 40mg/kg を経口あるいは筋肉内投与し、最長 180 分までの血液を経時的に採取した。 C_{max} は経口投与で 14.5 μ g/mL、筋肉内投与で 16.8 μ g/mL、 $T_{1/2}(\beta \text{ 相})$ はそれぞれ 46 と 45 分、AUC は 15.1 と 23.5 μ g·h/mL で生物学的利用率は 64% であった。また、24 時間までの尿から経口投与で 39.5%、筋肉内投与で 35.1% が回収された。⁽⁵⁾

【ラットにおける単回投与試験】⁽⁴⁾

Wistar 系ラット(5 匹；性別不明)におけるオフロキサシン(5mg/kg 体重)の単回強制経口投与において、 T_{max} は 0.5 時間以内であり、その時の C_{max} は約 1.7 μ g/ml であった。 $T_{1/2}(\beta \text{ 相})$ は 1.8 時間であった。

Wistar 系ラット(3 匹；性別不明)にオフロキサシン(10mg/kg 体重)を単回強制経口投与し、投与 0.5、1、2 時間後の血清中及び各組織中濃度が測定された。心臓、肝臓、腎臓、脾臓、筋肉、小腸のいずれにおいても血清中より高い濃度が検出されたが、特に肝臓、腎臓、小腸で高く認められた。しかしながら、いずれの器官においても経時的な減少傾向を示し、蓄積性は認められなかった。脳からはほとんど検出されなかった。

【イヌにおける単回投与試験】⁽⁶⁾

雄ビーグル犬(各 3 頭/群)におけるオフロキサシン(5、10、20mg/kg 体重)の 7 日間の反復強制経口投与において、投与初日と 7 日目の T_{max} 、 C_{max} 、 $T_{1/2}(\beta \text{ 相})$ に差は認められなかった。

投与初日の T_{max} は用量順に 1.7、1.0、1.7 時間、その時の C_{max} は約 3.4、6.8、12.1 μ g/mL、 $T_{1/2}(\beta \text{ 相})$ は 5.2、4.3、4.8 時間であった。投与 7 日目の T_{max} は用量順に 2.0、1.0、2.0 時間、その時の C_{max} は約 3.3、6.0、11.5 μ g/mL、 $T_{1/2}(\beta \text{ 相})$ は 5.2、4.7、4.5 時間であった。

【鶏における単回投与試験】⁽⁷⁾

プロイラー(雄 5 羽/群)にオフロキサシン(12.5, 25, 50mg/kg 体重)を単回強制経口投与し、0.25、0.5、1、2、4、6、8、12、24 時間後の血清中薬物濃度の消長が測定されている。 T_{max} は投与量順に 1、1.6、2.4 時間であり、その時の C_{max} は 5.8、8.5、12.9 μ g/mL、 $T_{1/2}(\beta \text{ 相})$ は 1.73、2.47、2.58 時間であった。いずれも 24 時間後には検出限界未満(0.8ppm)となつた。

雄プロイラーにオフロキサシン 25mg/kg 体重を単回強制経口投与し、1, 2, 4, 6, 8, 12, 24 時間後に 5 羽ずつを用いて組織中薬物濃度の消長が測定されている。各組織の T_{max} は筋肉が 2 時間、腎臓、肝臓、脾臓、肺、心臓は 1 時間で、 C_{max} は順に 9.4、44.7、37.6、10.7、8.8、6.9 μ g/g、 $T_{1/2}(\beta \text{ 相})$ は順に 1.35、2.11、1.82、1.85、1.28、1.75 時間であった。いずれも 24 時間後には検出限界未満となつた。

採卵用 SPF 鶏ライン S(雄 3 羽)にオフロキサシン 100mg/kg 体重を強制経口投与し、24 時間までの尿を採取した^c。TLC では未変化体、N-脱メチル化体の 2 スポットが認められた。HPLC を用いた定量による未変化

^c 総排泄腔から尿のみ排泄されるよう処置

体:N-脱メチル化体比は最大でも1:0.0044であった。

【ヒトボランティアにおける投与試験】^{(8), (9), (10), (11)}

6名の健常ボランティア(女性5、男性1)に200mgのオフロキサシンを12時間間隔で1日2回を3.5日間(合計7回)経口投与し、投与前及び最終投与後0.25、0.5、1、1.5、2、3、6、12、27、36時間後に血液が採取された。本試験におけるT_{max}は1.9時間(0.5-3.0時間)、その時のC_{max}は2.96μg/mL(2.17-4.01μg/mL)、T_{1/2}(β相)は6.6時間(6.5-7.0時間)であった。⁽⁸⁾

14名の男性健常ボランティアに400mgのオフロキサシンを12時間間隔で1日2回を3.5日間(合計7回)経口投与し、1及び7回目の投与の際に投与前及び投与後0.25、0.5、1、1.5、2、3、6、12時間後の血液を採取した。7回目についてはさらに投与後16、20、24、28及び32時間後の血液も採取した。初回投与後におけるT_{max}は1.5時間、その時のC_{max}は4.5μg/mL、T_{1/2}(β相)は4.6時間、7回目の投与後におけるT_{max}は1.8時間、その時のC_{max}は6.5μg/mL、T_{1/2}(β相)は6.5時間であった。⁽⁹⁾

6名の健常ボランティアに600mgのオフロキサシンを単回経口投与したときのT_{max}は1.2時間、その時のC_{max}は10.7μg/mL、T_{1/2}(β相)は7時間であった。また、48時間までに80.3%が尿中に排泄された。⁽¹⁰⁾

10名の健常ボランティア(男女各5名)に100あるいは200mgのオフロキサシンを静脈内投与したときのT_{1/2}(β相)はそれぞれ約4.5、4.2時間でAUCは7.3、14.4mg·h/Lであった。また、24時間までに73.1、77.0%が尿中に排泄された。同じボランティアに200あるいは400mgのオフロキサシンを経口投与したときのT_{max}はそれぞれ約1.3、1.9時間、その時のC_{max}は2.19、3.51μg/mL、T_{1/2}(β相)は約5.6、4.9時間で、AUCは14.6、28.0mg·h/Lであった。また、24時間までに73.6、73.3%が尿中に排泄された。経口及び静脈投与時のAUCの比較からオフロキサシンの生物学的利用率は極めて高いと考えられた。代謝物について、200mgを経口、静脈内投与したときの尿を分析したところ、未変化体が73.6、77.0%、脱メチル化体が3.0、3.2%、N-オキサイドが1.0、1.1%であった。その他グルクロン酸抱合体が胆汁あるいは糞中に3.9%認められたと報告されている。⁽¹¹⁾

【鶏における7日間経口投与試験】

プロイラーに200ppmのオフロキサシン溶液を飲水投与し、1、3、5、7、10日後の血清及び皮膚、脂肪、筋肉、肝臓、腎臓中の薬物濃度が測定されている。投与終了直後の濃度は腎臓で最も高く12.9ppm、次いで肝臓10.6ppm、筋肉5.3ppm、皮膚2.4ppm、血清2.0ppm、脂肪0.6ppmであり、経時的に減衰して5日後には全て定量限界未満(0.02ppm)となった。⁽¹²⁾

プロイラーに100あるいは200ppmのオフロキサシン溶液を飲水投与し、1、3、5、7、9日後の血清及び皮膚、脂肪、筋肉、肝臓、腎臓中の薬物濃度が測定されている。100ppm投与群の投与終了直後の濃度は肝臓で最も高く3.3ppm、次いで腎臓3.2ppm、筋肉0.88ppm、血清0.62ppm、皮膚0.29ppm、脂肪0.21ppmであり、経時的に減衰して3日後には全て定量限界未満(0.05ppm)となった。200ppm投与群の投与終了直後の濃度は肝臓で最も高く6.5ppm、次いで腎臓5.5ppm、筋肉4.8ppm、血清0.95ppm、脂肪0.54ppm、皮膚0.40ppmであり、経時的に減衰して3日後には全て定量限界未満(0.05ppm)となった。⁽¹³⁾

2-2.毒性試験

(1)急性毒性試験^{(14), (15), (16)}

オフロキサシンの経口投与によるLD₅₀はマウス(Std:ddY系)の雌で5290mg/kg体重、雄で5450mg/kg

体重、ラット(Wistar 系)の雌で 3750mg/kg 体重、雄で 3590mg/kg 体重、イヌ(ビーグル)では雌雄とも>200mg^d、リストザルの雄で 500-1000mg/kg^eであった。静脈内投与では、マウス(Std:ddY 系)の雌で 233mg/kg 体重、雄で 208mg/kg 体重、ラット(Wistar 系)の雌で 276mg/kg 体重、雄で 273mg/kg 体重、イヌ(ビーグル)では雌雄とも>70mg^fであった。皮下投与ではマウス(Std:ddY 系)では雌雄とも>10000mg/kg 体重、ラット(Wistar 系)の雌で 9000mg/kg 体重、雄で 7070mg/kg 体重であった^g。⁽¹⁴⁾

また、主要代謝物である N-脱メチル体をマウス(Slc:ddY)に静脈投与した場合の LD₅₀ は雌で 40.2mg/kg 体重、雄で 38.5mg/kg 体重で未変化体より強い急性毒性を示した。⁽¹⁵⁾

レボフロキサシンの経口投与による LD₅₀ はマウス(Std:ddY 系)の雌で 1803mg/kg 体重、雄で 1881mg/kg 体重、ラット(SD)の雌で 1507mg/kg 体重、雄で 1478mg/kg 体重、カニクイザルの雌で>250mg/kg 体重であった。⁽¹⁶⁾

(2) 亜急性毒性試験

【ラットを用いた 4 週間亜急性毒性試験】⁽¹⁷⁾

約 6 週齢の Slc:Sprague-Dawley 系ラット(雌雄各 5 匹/群) を用いた強制経口(0、30、90、270、810 mg/kg 体重/日)投与における 4 週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。なお、試験期間中に 810mg 投与群の雌雄各 1 匹が死亡したが、剖検所見から気管内への誤投与が原因と考えられた。

一般的な臨床症状観察では、270mg 以上の投与群で流涎、軟便、尿道口周囲の汚れ及び粗毛が認められた。

体重変化では、270mg 以上投与群の雄で体重増加量が減少していた。統計学的に有意ではないが 90mg 投与群の雄でも体重増加の低値が認められた。雄の 270mg 以上投与群の最終体重は対照群と比較して低値を示した。

摂餌量では、270mg 以上投与群の雌雄で投与の初期に減少傾向が認められたが、その後差は認められなくなった。飲水量は 270mg 以上の投与群で用量相関的に増加していた。

眼検査(眼底カメラ)、聴覚検査^h、心電図検査では投与に起因した異常は認められなかった。

血液学、血液生化学的検査は投与終了時についてのみ実施されている。

血液学的検査では、雌の全ての投与群で好中球の減少が認められたが用量相関性はなかった。810mg 投与群の雄で Hb の増加と骨髓液の顆粒球/赤芽球比の低値が認められた。

血液生化学的検査では、90mg 以上投与群の雄及び 810mg 投与群の雌でビリルビンの低値が認められたが、雄では用量相関性は認められなかった。また、810mg 投与群の雌雄で無機リン酸の高値、雄で AP、CT の高値、BUN の低値、総たん白質の低値、雌で Tcho の高値、ロイシンアミノペプチダーゼの低値が認められた。

尿検査は投与 4 週目の始めのみ実施されているが、270mg 以上投与群の雌雄で Na⁺ の排泄量の用量相

^d 200, 400mg の 2 用量について実施し、死亡は認められなかったが嘔吐が観察された(1/2, 2/2)。

^e 500mg で死亡なし(0/3)、1000mg ではすべて死亡(4/4)

^f 50, 70mg で死亡なし(各 0/2)、100mg で 1 頭死亡(1/2)

^g 皮下投与では投与部位に薬剤の残留が認められ、吸収が不十分であったと考えられた。

^h ガルトン笛に対する Peyer's 反射の観察

関的な減少が認められた。

臓器重量では、雌の全ての投与群と雄の 90mg 投与群で盲腸の相対及び絶対重量の増加が認められた。810mg 投与群の雌雄で心臓の相対及び絶対重量の低値、雄で肺の相対及び絶対重量の低値が認められた。心臓については 270mg 投与群の雌で相対重量の低値が認められた。その他、270mg 以上投与群の雌で脳の絶対重量の低値、810mg 投与群の雄で腎臓の絶対重量の低値が認められた。盲腸を除き、これらに関連する生化学的あるいは病理組織学的所見は認められなかった。

剖検及び病理組織学的検査では、盲腸の拡張が全ての投与群で認められ、病理組織学的には吸收上皮細胞の腫大が 810mg 投与群の雌雄で認められた。270mg 以上の投与群で十二指腸又は空腸の粘液原増加を伴う杯細胞の軽度の腫大・増数が認められた。810mg 投与群の雄で大腿骨及び上腕骨遠位端の関節軟骨表層部における基質の限局性粗しょう化が認められた。その他の臓器・組織には、特に被験物質投与に起因した異常は認められなかった。

本試験においては、全ての投与群で盲腸重量の増加、盲腸の拡張が認められたが、この盲腸の所見はオフロキサシンの抗菌活性に由来する腸内細菌叢の変動の二次的影響と考えられたため NOAEL は 90mg/kg 体重と判断された。

【ラットを用いた 26 週間亜急性毒性試験】⁽¹⁸⁾

約 5 週齢の Slc:Sprague-Dawley 系ラット(雌雄各 15 匹/群、対照群と最高用量群は 25 匹/群) を用いた強制経口(0、10、30、90、270 mg/kg 体重/日)投与における 26 週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。なお、各投与群の雌雄各 5 匹は 13 週時点で安樂死させ、尿、血液学、血液生化学、剖検、病理組織学的検査を実施した。また、対照群と最高用量群の雌雄各 5 匹について投与終了後 5 週及び 13 週の回復期間が設定された。

一般的な臨床症状観察では、90mg 以上投与群で流涎、270mg 以上の投与群で軟便、尿道口周囲の汚れが認められた。

体重、摂餌量、飲水量は週 1 回の頻度で測定されている。

体重変化では、270mg 投与群の雄で初期の体重増加量が減少していた他、体重増加量、最終体重とも被験物質の投与に起因した影響は認められなかった。

摂餌量では、270mg 投与群の雄で投与 1 週目に減少傾向が認められたが、その後差は認められなくなった。飲水量は 270mg 投与群の雌雄で増加していた。

眼検査(眼底カメラ)、聴覚検査[†]では投与に起因した異常は認められなかった。心電図検査では心拍数及び QRS 間隔に軽度の変動が見られたが、値は正常範囲内であった。

血液学、血液生化学的検査は 13 週と 26 週の投与終了時についてのみ実施されている。

血液学的検査では、13 週では雌の 270mg 投与群で好中球の低値、26 週では 30mg 以上投与群の雌で好中球の減少とリンパ球の増加が認められ、270mg 投与群では WBC は増加していた。このうち、好中球の減少は 4 週間の試験でも認められた。雄ではこれらの変化は認められなかった。

血液生化学的検査では、13 週では 270mg 投与群の雄で AP の高値、雌でアルブミンの高値が認められた。26 週では雌の 270mg 投与群で AST、無機リン酸、Tcho の高値が認められた。雄の全ての投与群でアルブミンの高値と、30mg 以上投与群ではアルブミン/グロブリン比の高値が認められたが、用量相関性は定かでなかった。その他には被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。

[†] ガルトン笛に対する Preyer's 反射の観察

尿検査は投与 13 週及び 26 週の投与終了後のみ実施されている。13 週では 270mg 投与群の雄で Na^+ の排泄量の減少が認められた。これは 10mg 投与群の雄でも認められたが、13 週の雌、26 週の雄では認められず、26 週の雌の 90mg 投与群では増加していた。26 週では雄の 90mg 以上投与群で pH の高値、雌では Cl⁻ の高値が認められた。その他には特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかった。

臓器重量では、13 週の剖検では 30mg 以上投与群の雄で盲腸の相対及び絶対重量の増加が認められ、雌では盲腸の相対重量の増加が 30mg 以上投与群で認められ、270mg 投与群では絶対重量も増加していた。26 週の剖検では、盲腸の相対及び絶対重量の増加が雌の 30mg 投与群及び 90mg 以上投与群の雌雄で認められた。その他、90mg 以上投与群の雌で脾臓の相対及び絶対重量の増加、270mg 投与群の雌で甲状腺と副腎の相対及び絶対重量の増加が認められた。脾臓について病理組織学的異常は認められなかった。また、盲腸、副腎の変化は投与中止後 5 週、13 週の回復期間に回復した。

剖検及び病理組織学的検査では、13 週では雄の 30mg 以上投与群と雌の 90mg 以上投与群に、26 週の時点では盲腸の拡張が 30mg 以上投与群の雌雄で認められたが、病理組織学的な異常は認められなかった。また、大腿骨遠位端の関節軟骨の異常が対照群を含めて全ての群で認められたが、その発生頻度と程度は 30mg 以下の投与群では対照群と同様であったのに対し、90mg 以上投与群では強く認められた。副腎の束状帯細胞に脂質滴の軽度の増加が 26 週の 270mg 投与群の雌雄で認められた。

本試験においては、全ての投与群で盲腸の拡張が認められたが、この盲腸の所見はオフロキサシンの抗菌活性に由来する腸内細菌叢の変動の二次的影響と考えられたため NOAEL は 10mg/kg 体重と判断された。

【ラットを用いたレボフロキサシンの 26 週間亜急性毒性試験】⁽¹⁹⁾

約 5 週齢の CD(SD) ラット(雌雄各 20 匹/群) を用いた強制経口(0、20、80、320 mg/kg 体重/日)投与における 26 週間の亜急性毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。

一般的な臨床症状観察では、80mg 以上投与群で流涎、320mg 投与群で大きめの糞、被毛の汚れが認められた。

体重、摂餌量は週 1 回の頻度で測定されている。

体重変化では、被験物質の投与に起因した影響は認められなかつたが、摂餌量は、80mg 以上投与群でやや増加していた。

眼検査、心電図検査では被験物質の投与に起因した影響は認められなかつた。

血液学、血液生化学的検査は 26 週の投与終了時についてのみ実施されている。

血液学的検査では、全ての投与群の雌雄で好中球の低値が認められたが、WBC や骨髓に影響は認められなかつた。

血液生化学的検査では、雄の全ての投与群で LDH、クレアチニン、Ca⁺ の高値が認められたが用量相関性はなく、80mg 以上投与群で総タンパク質の低値が認められたが、A/G 比に差はなかつた。雌の 320mg 投与群で AP の高値、中性脂肪の低値が認められた。ただし、これらの変化の原因と考えられる病理学的所見は認められなかつた。

尿検査は 26 週のみ実施されている。80mg 以上投与群の雌雄で pH の高値が認められた。その他には特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかつた。

臓器重量では、全ての投与群で盲腸(内容物含む)の絶対重量が増加し、80mg 以上投与群では統計学的に有意となつた。内容物を除去した盲腸では 80mg 以上投与群で増加傾向が認められ、雌の 320mg 投与群では有意であつた。その他には特に被験物質の投与に起因した異常は認められなかつた。

剖検では、延長した盲腸(elongated)が 80mg 以上投与群の雌雄で、盲腸の拡張が雄の全ての投与群と 320mg 投与群の雌で認められた。胃の腺粘膜(glandular mucosa)の肥厚が雄の全ての投与群と雌の 20 及び 320mg 投与群で認められたがこれは病理組織学的異常を伴っていなかった。

病理組織学的検査では 320mg 投与群で盲腸粘膜の杯細胞が対照群と比較して顕著に認められた。胃には顕著な異常は認められなかった。

本試験において関節影響は認められなかつたが、先だって実施された 4 週間の亜急性毒性試験では水疱形成が認められている。筆者らは試験期間中の回復が関与しているのではないかと推測している。

本試験においては、全ての投与群で盲腸の拡張が認められたが、この盲腸の所見はオフロキサシンの抗菌活性に由来する腸内細菌叢の変動の二次的影響と考えられたため NOAEL は 20mg/kg 体重と判断された。

【サルを用いたレボフロキサシンの 26 週間亜急性毒性試験】⁽¹⁹⁾

2-4 歳のカニクイザル(雌雄各 4 匹/群) を用いた強制経口(0、10、25、62.5mg/kg 体重/日)投与における 26 週間の亜急性毒性試験が実施されている。

一般的な臨床症状観察、体重変化、摂餌量、眼検査(直接検眼鏡)、心電図検査、血液学的検査、血液生化学的検査、尿検査、臓器重量、剖検、病理組織学的検査に被験物質の投与に起因した影響は認められなかつた。

なお、体重、摂餌量は週 1 回の頻度、眼検査は 26 週のみ、心電図検査は 25 週のみ、採血は 25 週のみ、採尿は 26 週のみ実施されている。

本試験における NOAEL は 62.5mg/kg 体重/日であった。

(3)慢性毒性試験

慢性毒性試験・発がん性試験は実施されていない。

発がんプロモーション作用について種々の発がん物質であらかじめ処置されたラットに対するレボフロキサシンの影響が報告されている。

あらかじめ 3 種の発がん性物質(DEN ; diethylnitrosamine、MNU ; N-methylnitrosourea、DHPN ; dihydroxy-di-N-propylnitrosamine)で処理(DMD 処理)した雄ラット(F344/Du Cj; 1 群 15 匹)に、被験物質(レボフロキサシン(LV ; 0.9%混餌投与) を 16 週間投与した試験において、これらの発がん物質の標的となる臓器である、肝臓、腎臓、前立腺、肺、前胃、腺胃、甲状腺等における腫瘍発生について、プロモーション作用は認められなかつた。⁽²⁰⁾

(4)繁殖毒性試験及び催奇形性試験

2 世代繁殖試験は実施されていない。

【ラットを用いた妊娠前及び妊娠初期投与試験】⁽²¹⁾

Slc:SD 系ラット(雌雄各 24 匹/群)を用いた強制経口 (0、10、60、360mg/kg 体重/日)投与による試験を行つた。被験物質の投与は、雄では交配前 9 週間及び交配期間中(最長 2 週間)とし、雌では交配の 2 週間前から妊娠 7 日まで行った。雄は交配終了後、雌は妊娠 21 日に安樂死させた。一般的な臨床症状観察では、

^j LV 処理対照群、LV 処理群は 16 匹

360mg 投与群の雌雄で投与直後に流涎が認められた。雄で軟便及び下痢、雌で尿失禁が散見された。10 mg 投与群の雌雄親動物の体重、摂餌量及び摂水量に投与に起因した変化はみられなかった。60 mg 投与群では雄の摂水量増加及び雌の摂餌量・摂水量の減少、360mg 投与群では雄の体重増加抑制、雌雄の摂餌量の増減、摂水量の増加が認められた。母動物の性周期、交尾率、受胎率に異常は認められなかった。

黄体数、着床数、着床率、生存胎児数、胚／胎児死亡率、生存胎児体重、性比に投与の影響は認められなかった。何れの群の胎児にも外表異常は観察されなかった。胎児の骨格及び内部器官の検査では投与に関連した異常は観察されなかった。本試験における NOAEL は、親動物の一般毒性に対して 10mg/kg 体重/日、生殖発生毒性に対して 360 mg/kg 体重/日であった。

【ラットを用いた胎児の器官形成期投与試験(催奇形性試験)】⁽²²⁾

Slc:SD 系ラット(雌 36 匹/群)を用いた強制経口 (0, 10, 90, 810mg/kg 体重/日)投与による試験を行った。被験物質の投与は、F₀ 雌の妊娠 7 日から 17 日まで行い各群 24 匹を妊娠 21 日に剖検した。12 匹の F₀ については自然分娩させ、離乳まで F₁ 児を哺育させ、11-15 週齢の同群内の雌雄の F₁ を交配妊娠させ、妊娠 21 日に剖検し、F₂ への影響を調べた。

F₀ 母動物の一般的な臨床症状観察では、810mg 投与群でほぼ全例に流涎、少数例に被毛の汚れ、軟便及び尿失禁がみられた。810mg 投与群で、妊娠後期に体重増加抑制が認められ、摂餌量及び摂水量では投与初期の減少、その後の増加がみられた。

F₀ 母動物の黄体数、着床数、着床率、生存胎児数、妊娠期間に投与の影響は認められなかった。810mg 投与群で胚／胎児死亡率の上昇がみられ、90 mg 以上投与群で胎児体重の低下が観察された。F₁ 胎児の外表及び内部器官の検査では投与の影響は認められなかった。骨格検査では、90mg 以上投与群で前肢基節骨、後肢基節骨、尾椎骨等で化骨遅延が認められ、810mg 投与群では胸骨核及び中足骨の化骨不全、頸肋、第 13 肋骨短小の出現率の上昇がみられた。奇形胎児の出現率に投与の影響はみられなかった。

F₁ 出生児の性比に異常は認められなかった。810mg 投与群の F₁ 動物において、生後 4 日までの生存率低下、雄の生後 0 日-11 週及び雌の生後 0 日-7 週で体重の低値がみられた。F₁ 動物の耳介展開、背部発毛、切歯萌出、眼瞼開裂に被験物質の投与による異常は認められなかった。離乳後の視覚及び聴覚機能、情動性、学習能に投与の影響は認められなかつたが、810 mg 投与群の雄において自発運動量の可逆性の低下が観察された。

F₁ の精巣下降、膣開口、交尾率、妊娠率、黄体数、着床数、生存胎児数、胚/胎児死亡数、胎児性比、生存胎児体重等の F₁ /F₂ の生殖発生毒性指標に投与による影響は認められなかつた。

本試験における NOAEL は、母動物に対して 90mg/kg 体重/日、胎児に対して 10mg/kg 体重/日であった。催奇形性は 810mg/kg 体重/日の用量まで認められなかつた。

【ラットを用いた周産期及び授乳期投与試験】⁽²³⁾

SD ラット(妊娠雌 20-24 匹/群)を用いた強制経口 (0, 10, 60, 360mg/kg 体重/日)投与による試験を行った。被験物質の投与は、F₀ の妊娠 17 日から分娩後 20 日まで行った。F₀ を自然分娩させ、離乳まで F₁ 児を哺育させ、F₁ の成長、行動、生殖能を調べ、同群内の雌雄の F₁ を交配妊娠させ、F₂ への影響を調べた。

母動物への影響として、60mg 投与群で F₀ の摂餌量及び摂水量の増加、360mg 投与群で妊娠期間中の摂餌量減少、授乳期間中の摂餌量と摂水量の増加が認められた。

妊娠期間、分娩状態、着床数、出生児数、出生児体重、外表異常胎児出現率、児の生存率、成長、行動及び生殖能等の F_0/F_1 及び F_1/F_2 の生殖発生に投与による影響はみられなかった。本試験における母動物に対する NOAEL は 10mg/kg 体重/日、胎児に対して 360 mg/kg 体重/日であった。

【ラットを用いた骨格異常発現時期特定試験】⁽²³⁾

SD ラット(妊娠雌 5-10 匹/群)に 810mg/kg 体重/日のオフロキサシンを妊娠 7-8、9-10、11-12、13-14、15-17、または 7-17 日に強制経口投与し、胎児の骨格変異発現の感受期を調べた。妊娠 9-10 日または 7-17 日に被験物質を投与された群で、頸肋、第 13 肋骨短小の出現率が上昇した。骨格奇形及び外表奇形は認められなかった。

【ラットを用いた高用量における骨格異常発現時期投与試験】⁽²³⁾

SD ラット(妊娠雌 23-24 匹/群)に高用量のオフロキサシン(0、810、1100、1600mg/kg 体重/日)を妊娠 9-10 日に強制経口投与し、胎児に及ぼす影響が検討された。

用量依存的な胎児体重低下、化骨遅延、骨格変異(頸肋、第 13 肋骨短小、第 13 肋骨欠損等)の出現率の上昇がみられた。外表、骨格及び内部器官の奇形は認められなかった。

【ラットを用いた胎児と哺育児における骨格変異出現率比較試験】⁽²³⁾

SD ラット(妊娠雌数不明)にオフロキサシン(0、810 mg/kg 体重/日)を妊娠 9-10 日に強制経口投与し、頸肋と第 13 肋骨短小の出現率を妊娠 21 日の胎児と生後 21 日の哺育児で比較した。

頸肋は、投与群の胎児と哺育児のいずれにおいても有意に増加した。第 13 肋骨短小の出現率は投与群の胎児において有意に増加したが、生後 21 日の哺育児では対照群と差がみられず、第 13 肋骨短小は骨化遅延を意味する変化と考えられた。

【ウサギを用いた胎児の器官形成期試験(催奇形性試験)】⁽²³⁾

ニュージーランドホワイト種のウサギ(妊娠雌 10-15 匹/群)を用いた強制経口(0、10、40、160 mg/kg 体重/日)投与による催奇形性試験において、被験物質を妊娠 6 日から 18 日まで投与した。

160mg 投与群において親動物の体重及び摂餌量の減少が認められた。

黄体数、着床数、着床率、生存胎児体重に投与に関連した影響は認められなかったが、160mg 投与群において胚/胎児死亡率が上昇し生存胎児数が減少した。

外表、内部器官及び骨格奇形、化骨遅延、骨格変異の出現率に投与の影響は認められなかった。

本試験における NOAEL は母動物及び胎児に対して 40 mg/kg 体重/日であった。催奇形性は 160mg/kg 体重/日の用量まで認められなかった。

(5)遺伝毒性試験

オフロキサシンの変異原性に関する各種の *in vitro* 及び *in vivo* 試験の結果を次表にまとめた。

【変異原性に関する各種試験の結果一覧】

in vitro 試験

試験	対象	投与量	結果
不定期 DNA 合成試験 (UDS 試験)	WI-38 ヒト胎児肺組織由来細胞	0.1~300 µg/mL	陰性 ⁽²⁴⁾
Ames 試験	<i>S. typhimurium</i> TA1535, TA1537, TA1538, TA98, TA100, <i>E. coli</i> WP2 <i>uvrA</i>	0.001~0.5 µg/plate(±S9)	陰性 ¹ (24)
Rec-assay	<i>Bacillus subtilis</i> M45(Rec), <i>Bacillus subtilis</i> H17(Rec ⁺)	3.1~25 µg/mL	陽性 ⁽²⁴⁾
染色体異常試験	培養ヒトリンパ球	0.1、0.3、1、3、10、30、100、 300 µg/mL(-S9; 22h)	陰性 ² (24)
	CHL 繊維芽細胞	0.1~1000 µg/mL	陰性 ³ (24)
	培養ヒトリンパ球	0.1~300 µg/mL	陰性 ⁴ (24)

1 0.5µg/plate で 生育阻害が認められた

2 100µg/mL 以上で 細胞毒性が認められた

3 1000µg/mL で 細胞毒性が認められた

4 100µg/mL 以上で 細胞毒性が認められた

in vivo 試験

試験系	試験対象	投与量	結果
染色体異常試験 (<i>in vivo</i> / <i>in vitro</i>)	健常男性リンパ球	600 mg/kg 単回経口投与	陰性 ⁽²⁴⁾
小核試験	マウス骨髄	10、90、810、2500mg/kg 単回経口投与	陰性 ⁽²⁴⁾
		10、40、160、500 mg/kg/日, 1回/日、5回連続経口投与	陰性 ⁽²⁴⁾
優性致死試験	SLC-BDF ₁ マウス	250、2500mg/kg 単回経口投与	陰性 ⁽²⁵⁾
		125、1250mg/kg/日 1回/日、5回連続経口投与	陰性 ⁽²⁵⁾

オフロキサシンの遺伝毒性については *in vitro* で細菌を用いた Rec-assay、細菌を用いる復帰突然変異試験、培養細胞を用いた UDS、ほ乳類培養細胞を用いる染色体異常試験、およびほ乳類培養細胞を用いる姉妹染色分体交換試験、ヒトの *in vitro/in vivo* 染色体異常試験、および *in vivo* げっ歯類を用いる小核試験、優性致死試験が行われている。ほとんどの試験系で陰性であったが、細菌を用いた Rec-assay で陽性の結果が報告されている。一方、健常男性における *in vivo / in vitro* リンパ球の染色体異常試験、マウスを用いた骨髄小核試験、マウスを用いた優性致死試験のいずれも陰性であった。

これらのことから、*in vitro* の細胞遺伝学的指標を検討する試験系では陽性を示すものもあるが、*in vivo* の試験系では陰性の結果であり、オフロキサシンに生体にとって問題となる遺伝毒性はないと考えられる。

【レボフロキサシン及びR-オフロキサシンの変異原性】

この他、オフロキサシン(ラセミ体)の各光学異性体成分であるレボフロキサシンおよびR-オフロキサシンのそれぞれについても、いくつかの試験が実施されている。

レボフロキサシン

in vitro 試験

試験	対象	投与量	結果
Ames 試験	<i>S. typhimurium</i> TA1535, TA1537, TA98, TA100, <i>E. coli</i> WP2 <i>uvrA</i>	0.0016~0.1μg/plate (±S9)	陰性 ¹ (26)
前進突然変異試験	CHO(K-1/ <i>Hprt</i>)	0.375、0.750、1.50 mg/mL (±S9)	陰性 ²⁶
染色体異常試験	CHL 培養細胞	250、500、1000 μg/mL (±S9 ; 6h)	陰性 ² (26)
		50、100、200、300、400、 500 μg/mL(-S9 ; 24h)	陽性 ²⁶
		50、100、200、300 μg/mL (-S9 ; 48h)	陽性 ²⁶
姉妹染色分体交換試験	CHL 繊維芽細胞	50、100、200、300 μg/mL(-S9)	陽性 ²⁶
		125、250、500、1000 μg/mL (+S9)	陽性 ≥250 (26)

1 0.025μg/plate 以上で 生育阻害が認められた(+S9 の TA1537、TA98 は 0.05μg/plate 以上)

2 1000 μg/mL で細胞毒性が認められた

in vivo 試験

試験系	試験対象	投与量	結果
UDS 試験 (<i>in vivo/in vitro</i>)	F344/N ラット肝細胞	300、600 mg/kg 単回経口投与	陰性 ¹ (26)
姉妹染色分体交換試験	マウス骨髓	150、300、600 mg/kg 単回経口投与	陰性 ²⁶
小核試験	マウス骨髓	150、300、600 mg/kg 単回経口投与	陰性 ²⁶
		100、200、400 mg/kg/日 1回/日、5回連續経口投与	陰性 ² (26)
優性致死試験	SLC-BDF ₁ マウス	30、90、270 mg/kg/日 1回/日、5回連續経口投与	陰性 ²⁶

¹ 投与 3、12 時間後に肝細胞を採取し培養

² 200mg 以上で多染性赤血球出現頻度が低下。

レボフロキサシンは CHL 培養細胞を用いた染色体異常試験、CHL 繊維芽細胞を用いた姉妹染色分体交換試験で陽性を示したが、*in vivo* のマウス骨髓姉妹染色分体交換試験、マウス骨髓小核試験、マウス優性致死試験のいずれも陰性であった。

R-オフロキサシン

in vitro 試験

試験	対象	投与量	結果
Ames 試験	<i>S. typhimurium</i> TA1535, TA1537, TA98, TA100, <i>E. coli</i> WP2 <i>uvrA</i>	0.39~25µg/plate (±S9)	陰性 ¹ (26)
染色体異常試験	CHL 培養細胞	250、500、1000、2000µg/mL (±S9; 6h)	陰性 ² (26)
		50、100、200、300、400、 500 µg/mL (-S9; 24h)	弱陽性 ⁽²⁶⁾
		50、100、200、300µg/mL (-S9; 48h)	弱陽性 ⁽²⁶⁾

1 12.5µg/plate 以上で 生育阻害が認められた

2 2000µg/mL で細胞毒性が認められた

in vivo 試験

試験系	試験対象	投与量	結果
小核試験	マウス骨髓	150、300、600mg/kg 単回経口投与	陰性 ⁽²⁶⁾
		100、200、400mg/kg/日 1回/日、5回連續経口投与	陰性 ¹ (26)

1 400mg 以上で多染性赤血球出現頻度が低下。

R-オフロキサシンは CHL 培養細胞を用いた染色体異常試験で弱いながらも陽性を示したが、*in vivo* マウス骨髓小核試験では陰性であった。

以上、各光学的単体を用いた試験でも、生体にとって問題となる様な遺伝毒性は検出されなかった。

(7) 幼若動物の関節影響に関する特殊試験

【幼若ラットを用いた 7 日間関節毒性試験】^{(27), (28)}

3 及び 5 週齢の CD(SD) 雄ラット(各 10 匹/群)を用いた 7 日間のオフロキサシン(OFLX)及びナリジクス酸(NA)の強制経口投与(OFLX: 0、30、100、300、900mg/kg 体重/日、NA: 100、300mg/kg 体重/日) 試験において認められた毒性所見は以下の通りであった。

OFLX では、900mg 投与群で軟便、投与直後の流涎、体重増加量減少が認められたが他の群では特に被験物質の投与に起因した変化は認められなかった。NA では両投与群とも体重増加量抑制が認められた。

肘及び膝関節軟骨の病理組織学的検査では、OFLX の 300mg 投与群の 6/10、OFLX の 900mg 投与群及び NA の両投与群で 10/10 に、肘関節の上腕骨滑車、膝関節の大腿骨遠位端に水泡ないしはびらんが認められた。⁽²⁷⁾

本試験における NOAEL は 30 mg/kg 体重/日であった。

6、8 及び 10 週齢の CRJ:CD 系雄ラット(各 7 匹/群、対照群は 3 匹/群)に OFLX 900mg/kg 体重/日を 7 日間強制経口投与し、それぞれの週齢における関節軟骨への影響が調査されている。

6 週齢のラットでは肉眼的に 1/7 に大腿骨頸下面の関節軟骨に小隆起巣が、病理組織学的には 2/7 で膠原

線維の露出を伴う基質の水腫性膨化巣が認められた。8 週齢以上のラットではこれらの異常は認められなかつた。⁽²⁸⁾

【若齢犬を用いた 8 日間関節毒性試験】⁽⁶⁾

3 カ月齢の雄ビーグル犬(各 3 頭/群、20mg 投与群は 6 頭/群)を用いた強制経口投与(0、5、10、20mg/kg 体重/日)による 8 日間の関節毒性試験において認められた毒性所見は以下の通りであつた。投与はゼラチンカプセルを用いて行い、対照群には空のカプセルを同様に投与した。なお、20mg 投与群の 3 頭は、2 日目の投与終了後に安楽死させ、剖検に供した。

跛行と運動性の低下が 20mg 投与群の 2 頭(2/3)で投与 7-8 日の間に認められた。剖検では、上腕骨(humerus)及び大腿骨(femur)の関節軟骨表面の水泡形成が 10mg 以上投与群に認められた。病理組織学的には中間層の空隙形成、空隙周囲の軟骨細胞壞死、軟骨細胞集簇の病変が 10mg 以上投与群に認められた。病変は近位端でより強く認められ、用量相関的であった。また、20mg 投与群では 2 日の剖検の時点で認められたが、8 日の剖検で頻度がより高く、周辺細胞間質のヘマトキシリン・エジオン染色の強度が顕著であった。

血清中及び関節軟骨中の薬剤濃度は用量相関的に増加し、両者の比較では関節軟骨中濃度が血清中濃度より 2 倍程度高い値を示したが、投与 2 日目と 8 日目の濃度に差はなく、蓄積性は認められなかつた。

本試験における NOAEL は 5 mg/kg 体重/日であった。

(7) 眼毒性についての特殊試験

白色ウサギの摘出眼球をオフロキサシン含有溶液(18、36、108、180μg/mL)で 15 分灌流し、ERG¹が測定された。180μg で B 波の振幅と振動電位の減少、108μg で振動電位の減少が認められたが、36μg 以下の濃度では測定したパラメーターに影響は認められなかつた。

白色ウサギ 5 匹及び有色ウサギ 3 匹のガラス体を切除し、50 もしくは 100μg/mL のオフロキサシン含有溶液を灌注し、1、2、4 週後に ERG、4 週後に VEP^mが測定された。VEP 測定後、眼球の病理組織学的検査が実施された。100μg で A 波の振幅増大、B 波の振幅増大、C 波の振幅減少が認められたが、いずれも 4 週以内に回復した。VEP、病理組織学的検査では異常は認められなかつた。50μg では異常は認められなかつた。また、白色ウサギと有色ウサギで差は認められなかつた。⁽²⁹⁾

(8) 一般薬理試験 ⁽³⁰⁾

【一般症状及び行動】

Irwin の多次元観察法(マウス)において 300mg/kg 体重の経口投与でグルーミングの軽度の低下、自発運動の低下、1000mg/kg 体重でグルーミング、運動活性の低下、うずくまり、軽度の振戦、体温下降、意識低下が認められた。これらは投与後 20 分以内に発現し、約 2 時間持続した。100mg/kg 体重の投与では一般症状及び行動に著変は認められなかつた。

【中枢神経系への作用】

¹ Electroretinogram

^m Visual evoked potential

脳波及び心臓に対する作用(ネコ; EEG、ECGⁿ)においては 10mg/kg の静脈投与で脳波の徐波化及び血圧低下が認められた(3mg/kg では影響なし)。自発運動(マウス; wheel cage 回転数)においては 300mg/kg の経口投与で低下が認められた(100mg/kg では影響なし)。ヘキソバレビタール睡眠(マウス; 正向反射)においては 1000mg/kg の経口投与で睡眠の延長が認められた(300mg/kg では影響なし)。鎮痛作用(マウス; 酢酸の腹腔内注射に対する writhing 数の測定、尾根部圧刺激に対する疼痛閾値)においては 100mg/kg 以上の経口投与で writhing 数の抑制、300mg/kg 以上の経口投与で鎮痛係数の上昇を示し、鎮痛作用が認められた(それぞれ 30、100mg/kg では影響なし)。抗炎症作用(ラット; カラギーナン注射による炎症惹起)においては、1000mg/kg の経口投与で浮腫の抑制作用が認められた(300mg/kg では影響なし)。

抗痙攣作用(マウス; 電撃痙攣、ペンテトラゾール痙攣、ストリキニーネ痙攣)、体温測定(ウサギ; 直腸温)、条件回避反応(ラット; shuttle box)、脊髄反射(ネコ; 電気刺激によるシナプス電位測定)には試験条件において被験物質投与による影響は認められなかった。

【自律神経系への作用】

血圧(麻酔イヌ; ノルエピネフリン(NE)、アセチルコリン(Ach)に対する反応)においては、NE による昇圧反応が 30mg/kg、Ach による降圧反応が 10mg/kg の静脈内投与で抑制された(それぞれ 10、3mg/kg では影響なし)。

瞳孔(ウサギ)、瞬膜収縮(ネコ; 電気刺激)には試験条件において被験物質投与による影響は認められなかった。

【平滑筋に対する作用】

摘出回腸、摘出輸精管、摘出気管(モルモット; 自発収縮)においては、10³g/mL の濃度で摘出気管を単独で収縮させ、ヒスタミン及びアセチルコリンによる収縮を軽度に増強し、摘出輸精管の NE による収縮を増強した(10⁴g/mL では単独影響なし)。摘出回腸に対しては、10⁴g/mL の濃度^dでニコチン及び塩化バリウムによる収縮をやや抑制した。摘出非妊娠及び妊娠子宮(ラット; 自発収縮)においては、非妊娠子宮について 10³g/mL の濃度で一過性の振幅抑制と持続的な頻度亢進を示した。妊娠子宮については 10⁴g/mL の濃度^dで単独及びオキシトシンによる律動亢進に影響を示さなかった。胃内容物排出速度(ラット)においては 300mg/kg 以上の経口投与で排出速度が抑制された(100mg/kg では影響なし)。胃液分泌(ラット; 胃液量、pH、総酸度、ペプシン活性)においては 300mg/kg 以上の経口投与で胃液量及び酸度の低下、pH の上昇、総酸度の低下、総ペプシン活性の抑制が認められた(100mg/kg では影響なし)。腸管運動(イヌ; 自動運動測定)においては、3mg/kg 以上の静脈内投与で腸管運動の抑制が認められた(1mg/kg では影響なし)。

腸管輸送能(マウス; 炭末移動)、胃粘膜(ラット; 損傷測定)には試験条件において被験物質投与による影響は認められなかった。

【呼吸循環器系への作用】

3mg/kg の静脈内投与における、呼吸、血圧、心拍数、左心室内圧、左心室内圧最大収縮速度、股動脈血流量、心筋収縮力、股動脈血管抵抗、心電図(いずれも麻酔イヌ)を観察したが、一過性の股動脈血流

ⁿ Electroencephalogram、Electrocardiogram

^d 10³g/mL では溶媒で影響が認められたため 10⁴g/mL 以下についてのみ実施。

^p 10³g/mL では溶媒で影響が認められたため 10⁴g/mL 以下についてのみ実施。

量の増加、軽度の呼吸数の増加のみが認められた。10mg/kg では呼吸数の増加、呼吸振幅の軽度の低下、収縮期、拡張期、及び平均血圧の一過的下降、左心室内圧の減少、末梢抵抗の減少が認められた。30mg/kg では上記の変化が増強された他、心拍数、左心室内圧最大収縮速度の低下が認められた。心電図に一定の変化は認められず、心筋収縮力に変化は認められなかった。

血圧、心拍数(無麻酔ラット)には 1g/kg 体重までの経口投与において被験物質投与による影響は認められなかった。

【その他】

前脛骨筋(ウサギ；電気収縮)においては 30mg/kg の静脈内投与で神経を介した間接及び筋への直接刺激による収縮が増加し、血圧が一過性に軽度に下降した(10mg/kg では影響なし)。利尿作用(ラット；尿量、 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 測定)においては 300mg/kg 以上の経口投与で尿量、 Na^+ 、 Cl^- の排泄が減少した。

局所麻酔作用(モルモット；瞬目反射)は 0.1~1% の濃度において被験物質投与による影響は認められなかった。

(9) 微生物学的影響に関する特殊試験

【*in vitro* の MIC に関する試験】

① 臨床分離菌に対する最小発育阻止濃度 (MIC)

ヒト臨床分離株等に対するオフロキサシンについての MIC が複数の公表論文で報告されている。そのうち微生物学的 ADI の設定に際して MIC_{50} を用いる場合に適切な菌種として推奨されている菌種についての概要は次の通りであった。

菌名	株数	最小発育阻止濃度 ($\mu\text{g/mL}$)		範囲	出典
		MIC_{50}	MIC_{90}		
偏性嫌気性菌					
<i>Bacteroides bivius</i>	46	4	8		31
<i>Bacteroides caccae</i>	10	8	8	1->128	32
<i>Bacteroides distasonis</i>	10	2	8	2-64	33
	12	2	16	2-64	32
<i>Bacteroides fragilis</i>	42	1.56	6.25	0.78-12.5	34
	13	2	4	2-16	35
	51	4	4	2->64	36
	29	4	8	1-16	37
	27	2	2	0.5-8	38
	50	2	4	2-4	39
	20	4	8	2-16	40
	41	3.13	12.5	0.78->25	41
	32	1.0	4.0	1-16	5
	4	2	4		31
	23	1	4	1-128	42
	11	2	4	1-8	33
	23	2	8	2-64	32

	25	1.56	3.13	0.78-3.13	43
<i>Bacteroides fragilis</i> group	52	4	32	1-128	42
<i>Bacteroides melaninogenicus</i>	20	1	2	0.5-2	39
<i>Bacteroides ovatus</i>	12	16	32	16-32	33
	10	16	16	8-16	32
<i>Bacteroides thetaiotaomicron</i>	14	16	16	8-256	33
	17	8	128	4-128	32
<i>Bacteroides uniformis</i>	10	8	16	2-64	33
	12	4	8	2-8	32
<i>Bacteroides ureolyticus</i> group	11	0.125	0.5	<0.06-1	32
<i>Bacteroides vulgatus</i>	12	4	8	1-16	33
	12	2	16	1-16	32
<i>Bacteroides</i> spp.(<i>fragilis</i> 除く)	29	8	32	<0.03-64	36
	29	8	32	2-128	42
	17	2	4	0.25-8	33
<i>Bifidobacterium</i> spp.	10	4	4	1-8	42
<i>Clostridium perfringens</i>	17	0.39	0.78	0.39-12.5	34
	50	0.5	1	0.5-1	39
	20	1.0	1.0	0.5-1	5
	6	0.5	1	0.5-1	42
	10	1	1	0.5-1	33
	12	0.5	0.5	0.5-1	32
<i>Clostridium ramosum</i> / <i>innocuum</i> / <i>clostridiiforme</i>	15	16	128	1-128	32
<i>Clostridium</i> spp.	13	2	>64	0.5-16	36
	20	1	8	0.25-16	40
	17	2	8	0.5-256	33
	23	4	16	0.5-32	32
<i>Eubacterium</i> spp.	12	0.5	2	0.5-8	42
	10	1	2	0.25-4	33
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	5	1	2		31
<i>Fusobacterium nucleatum</i> / <i>necrophorum</i>	15	2	2	1-4	33
<i>Fusobacterium mortiferum</i> / <i>varium</i>	19	4	16	2-64	33
<i>Fusobacterium varium</i> / <i>ulcerans</i> / <i>goniadiciformans</i>	14	8	16	2-128	32
<i>Fusobacterium</i> spp.	10	4	4	0.25-64	42
	20	2	16	0.5-64	32
<i>Peptococcus</i> spp.	11	8	16	0.25-16	36
	25	1.56	6.25	0.39-12.5	41
<i>Peptostreptococcus</i> spp.	8	0.5	4	0.25-4	36
	50	2	4	1-4	39
	18	0.5	2	0.12-8	42

	20	0.5	8	0.125-16	33
	22	0.5	8	0.125-16	32
	25	6.25	25	0.20-25	44
<i>Peptococcus / Peptostreptococcus</i>	10	1	2	0.25-2	40
<i>Prevotella bivia</i>	12	8	8	2-8	32
<i>Prevotella</i> spp. (pigmented)	17	1	16	0.25-64	32
<i>Prevotella</i> spp. (nonpigmented)	14	2	2	1-2	32
<i>Prevotella</i> spp	6	2	8	0.5-32	42
通性嫌気性菌					
<i>Enterococcus faecalis</i>	25	2	2	1-4	40
	50	3.13	6.25	0.78-25	41
	16	4	4	2-4	5
	25	1.56	3.13	0.78-3.13	43
<i>Enterococcus faecium</i>	16	2.0	16.0	1-16	5
<i>Enterococci</i>	10	2	32	1-32	42
	29	2	4	1-4	38
	100	2	4	1-8	39
<i>Escherichia coli</i>	100	0.05	0.19	0.025-1.56	34
	54	0.063	0.125	0.031-1	35
	23	0.06	0.125	≤0.06-0.125	37
	49	0.06	0.06	≤0.03-0.5	38
	100	0.06	0.12	0.06-0.12	39
	35	0.06	0.125	0.03-1	40
	50	0.05	0.10	0.025-3.13	41
	32	0.06	0.13	0.03-0.25	5
	39	0.5	1		31
	10	0.06	32	0.03-64	42
<i>Lactobacillus</i> spp.	50	4	32		31
	13	4	32	1-32	42
<i>Propionibacterium acnes</i>	14	1	4	1-8	36
<i>Propionibacterium granulosum</i>	6	1	4	1-4	36
<i>Propionibacterium</i> spp.	11	0.5	0.5	0.25-0.5	32

これらの調査は 10^3 ~ 10^7 CFU/spotの菌濃度⁹で実施されたが、一部の菌種を用いた確認試験において 10^4 ~ 10^6 CFU/spotにおいて⁽³⁴⁾、またオフロキサシンの主要な抗菌活性を担う(S)-(-)-アイソマーは 10^3 ~ 10^7 CFU/spotにおいてMICへの影響はほとんど認められなかつたと報告されている⁽⁴¹⁾。

調査された菌種のうち、最も低いMIC₅₀が報告されているのは *Escherichia coli* の 0.05μg/mL であった。次いで *Bacteroides ureolyticus* group の 0.125μg/mL、*Clostridium perfringens* の 0.39μg/mL であった。この他では、*Eubacterium* spp.、*Peptostreptococcus* spp.、*Propionibacterium* spp. 等、複数の菌種で 0.5μg/mL の MIC₅₀が報告されている。

⁹ 論文8は未記載

②ATCC標準株におけるMIC₅₀

ATCCの標準株である*Bacteroides fragilis* ATCC25285、*Bacteroides thetaiotaomicron* ATCC29741、*Eubacterium lentum* ATCC43055についてのMICの範囲は順に1-2(2)、8-8(8)、1-1(1)³²であった。

③pHによるMICの変化

異なるpH条件下(6.6、7.3、8.1)におけるオフロキサシンのMICの変動が報告されている。*Bacteroides fragilis*(6菌株)についてはpHの上昇とともにMIC(幾何学平均)が低下した。*Bacteroides* spp.(7菌株)、*Fusobacterium* spp.(2菌株)、*Clostridium* spp.(4菌株)、*Peptococcus*／*Peptostreptococcus* spp.(5菌株)についてはpH7.3で最も高いMICが見られ、その前後のpHでは低下していた³³。

【ヒトボランティアにおける微生物学的影響】

5名の健常ボランティアについて、200mgのオフロキサシンを1日2回、5日間経口投与し、投与前、投与2、3、4、5及び投与終了後6日までの糞便を採取し、嫌気性菌、腸内細菌科、*Staphylococci*、グループD *Staphylococci*を調べた結果は次のとおりであった。

腸内細菌科の菌数はオフロキサシンの投与開始とともに減少し、4日目には検出されなくなった。この状態は投与終了後4日まで持続した。嫌気性菌の菌数、MIC₅₀及びMIC₉₀、優勢菌種に有意差は認められなかつたが、偏性嫌気性菌の割合が有意に増加していた。グループD *Staphylococci*の菌数は減少した。また、酵母については、投与開始前は2/5で検出されたのみであったが、投与4日目には全ての被験者の糞便から*Candida* sp.が検出された。

筆者らは、嫌気性腸内細菌叢の優占種に変化は認められなかつたが、*Candida* sp.が出現したことから、オフロキサシンの投与によりコロニー形成耐性がかく乱されたと推定している。

また、糞便中のオフロキサシン濃度は数百μg/gであったが、投与によって消失が認められたのは *in vitro* のMIC₅₀が1μg/mL以下のもののみであり、オフロキサシンは *in vitro* でより強い抗菌活性を示すと考えられた。なお、耐性菌は検出されなかつた⁴⁴。

【耐性の出現について】

MICの8倍のオフロキサシンを含む培地に7菌種(*Enterobacter aerogenes*、*Escherichia coli*、*Klebsiella pneumoniae*、*Pseudomonas aeruginosa*、*Staphylococcus aureus*、*Providencia stuartii*、*Serratia marcescens*)を接種した時の耐性菌の出現頻度8.5×10⁹(*S. marcescens*)～<1.6×10⁹(*P. stuartii*)であった³⁷。

(10)ヒトにおける知見について

【ヒトボランティアにおける毒性影響】

24名の健常男性ボランティア(オフロキサシン投与群、プラセボ投与群各12名)について、400mgのオフロキサシンを1日2回、10日間経口投与したときの、一般状態、血液学、血液生化学、尿、視覚、聴覚、心電図検査が実施されている。

群間で発生頻度に有意差が認められた副作用は消化器系に関するもののみであった。最も高頻度で認

³² 0はモード

められたのは消化器系の不調/痛み(5/5^o)、吐き気(2/3)及び下痢(2/3)であった。また、3名で頭痛(3/9)、うち1名で頭痛に伴う視力障害が1例報告された。頭痛は対照群でも3名に報告された(3/9)。血液学、血液生化学、尿、視覚、聴覚、心電図検査に異常は認められなかった。⁽⁴⁵⁾

【フェイズⅡ、Ⅲ及びⅣ試験に関する報告】

オフロキサシンは現在でもヒト臨床上において使用されているが、日本及び欧州におけるフェイズⅡ、Ⅲ及びⅣ試験中に収集された有害影響が報告されている。

13,717名の患者にオフロキサシンが投与され、577件の有害影響が報告されている。577件のうち361例は消化器官系に関するものであった。また、124例が中枢神経系に関するもので、うち84例が頭痛もしくは睡眠障害であった。その他皮膚影響について45例、心臓血管系について8例であった。まれな例として幻覚(1例)、悪夢(1例)、混乱(1例)、沈鬱(2例)が報告されていた。⁽⁴⁶⁾

【薬剤耐性菌について】

オフロキサシン及び(S)-(-)-体であるレボフロキサシンはヒト臨床上において広く使用されている。

3. 食品健康影響評価について

【眼に関する知見について】

一般にフルオロキノロン剤はメラニンに高い親和性を示すことが報告されている。オフロキサシンについて直接の知見は得られていないが、¹⁴C標識レボフロキサシン単回投与後のメラニン含有組織中濃度はアルビノラットと比較して有色ラットにおいて高値を示し、その半減期は約20日であったことから⁽⁴⁷⁾、他のキノロン剤と同様の傾向を示すものと考えられる。

毒性影響については、白色及び有色ウサギの眼にオフロキサシン溶液を直接灌注した試験において、100μg/mLの灌注ではERGに変化が認められたものの、50μg/mLではERG、VEPともに変化は認められておらず、ヒト臨床試験においても眼の異常は主要な副作用とは見なされていない。また、レボフロキサシンのサルを用いた26週間の亜急性毒性試験では、最高用量(62.5mg/kg 体重/日)においても眼検査に異常は認められなかった。これらのことから、オフロキサシンについては、眼毒性よりも他の毒性影響がより感受性の高い指標となるものと考えられる。

【関節影響に関する知見について】

キノロン剤については、幼若動物において関節影響が認められることが知られており、これまで国内外で検討された毒性評価のほとんどで最も感受性の高い毒性指標となっている。

オフロキサシンについてはラットとイヌを用いた関節影響に対する特殊試験が実施されており、他のキノロン剤と同様、イヌにおいてより高い感受性が認められた。これは他の毒性と比較しても最も鋭敏な指標であった。本試験は8日間の短期間の試験であるが、感受性が高い幼若犬を用いて、NOAELが求められていることから、適切な安全係数を適用した上で毒性評価に用いることが可能であると判断された。

【繁殖毒性及び催奇形性について】

繁殖毒性及び催奇形性については、多世代の繁殖毒性試験は実施されていないが、ラットを用いた妊

⁵ 報告被験者数 / 総報告回数

娠前及び妊娠初期投与試験、ラット及びウサギを用いた胎児の器官形成期投与試験、ラットを用いた周産期及び授乳期投与試験が実施され、F₁を繁殖したF₂児の検査まで行われており、繁殖毒性は認められていない。また、ラット及びウサギにおいても催奇形性は認められていない。

【遺伝毒性／発がん性について】

慢性毒性/発がん性試験については実施されていないが、一般にキノロン剤には生体において問題となる遺伝毒性や発がん性は認められていない。

オフロキサシンの遺伝毒性については、細菌を用いた復帰突然変異試験、ヒト培養細胞を用いたUDS試験、ほ乳類培養細胞を用いた染色体異常試験、姉妹染色分体交換試験で陰性であったが、細菌を用いたRec-assayで陽性であった。しかし、健常男性における *in vivo / in vitro* リンパ球の染色体異常試験、マウスを用いた骨髄小核試験、マウスを用いた優性致死試験のいずれも陰性であったことから、生体にとって問題となる遺伝毒性はないと考えられる。この他、オフロキサシンの各光学異性体成分であるレボフロキサシンおよびR-オフロキサシンのそれぞれについても、いくつかの試験が実施されているが、生体にとって特に問題となるような遺伝毒性は認められていない。

また、オフロキサシン(ラセミ体)の一方の光学異性体であるレボフロキサシンは、発がん物質であるDEN、MNU、DHPNの標的となる臓器である、肝臓、腎臓、前立腺、肺、前胃、腺胃、甲状腺等における腫瘍発生について、プロモーション作用を示さなかった。

さらに、ラットを用いた6ヶ月間までの混餌投与試験においてオフロキサシンによる前腫瘍性病変の発生頻度の増加は報告されておらず、比較的長いヒト臨床における使用歴があるが、副作用として腫瘍の発生は知られていない。

これらのことから、発がん性試験を欠いていてもADIの設定は可能であると判断された。

【光毒性について】

1990年代後半からフルオロキノロン剤について光毒性／光遺伝毒性があることが報告されており、そのメカニズムについては光照射によって活性化された分子のDNAとの直接作用、光照射によって生じた活性酸素やフリーラジカルの生成による二次的傷害が提案されている。フルオロキノロン剤の光毒性や光遺伝毒性の程度についてはいくつかの報告があり、構造的に6位及び8位にハロゲン置換基を有するフルオロキノロン剤が明らかに強い光毒性を示すこと、8位にメトキシ基を有する場合、光毒性は著しく減弱することが報告されている⁽⁴⁸⁾。オフロキサシンは8位と1位で環構造を有しており構造的に光毒性が強い部類には相当しない。オフロキサシンあるいはレボフロキサシンについて、*in vivo* 光遺伝毒性については報告がない。*in vitro* ではCHLV79培養細胞を用いたUV照射による細胞毒性の増強、コメットアッセイ⁽⁴⁹⁾や光小核試験⁽⁵⁰⁾でいずれもUV照射による毒性の増強が認められたが、他のフルオロキノロン剤との比較では相対的に弱いものであった。また、UV照射後のマウスの耳介炎症を指標とした試験⁽⁴⁸⁾において光毒性は比較的弱いこと、レボフロキサシンのヒトボランティアのUV照射後皮膚紅斑を指標とした試験においては、1回100mg、1日3回の投与で影響は認められなかったこと⁽⁵¹⁾、市販後調査において強い光毒性が認められた例は1/1,800,000であったことが報告されている⁽⁵²⁾。これらのことから、オフロキサシンについてはフルオロキノロン剤の中では光毒性／光遺伝毒性は弱い部類に分類される。また、適切に管理される限り、通常食品中のオフロキサシンの残留はごく微量であり、食品を介して生体にとって問題となる光遺伝毒性が生じる可能性は無視できる程度と考えられる。なお、現在得られている用法、用量においては、残留試験において5日間の休薬期間後の残留値は検出限界以下と報告されている。

【毒性学的影響のエンドポイントについて】

オフロキサシンについて実施された種々の毒性試験において、ラットの亜急性毒性試験については、 10mg/kg 体重/日の投与群においても盲腸拡張が認められたため、これを毒性影響としてとらえると NOAEL は求められなかった。しかし、この盲腸の拡張は抗菌剤を投与されたラットや、人為的に腸内細菌を除去された無菌ラットにおいても一般的に認められる所見であり、抗菌剤の毒性影響というよりは腸内細菌叢の変動に伴う変化と考えられた。また、この変化はげつ歯類に特異的な反応であることから、毒性学的影響の指標としては適当でないと判断された。

毒性学的影響について最も低い用量で被験物質投与の影響が認められたと考えられる指標は、イヌの 8 日間の関節影響に関する特殊試験において認められた関節軟骨表面の水疱形成であり、NOAEL は 5.0mg/kg 体重/日であった。この知見は、キノロン剤の関節影響が幼若動物のみに認められること、イヌが感受性の高い動物種であることが知られていることから、オフロキサシンの毒性学的影響を評価する指標としては適当であると判断された。しかしながら、通常、イヌを用いて関節影響を評価する際には、通常 90 日という、感受性があると考えられる時期において有る程度の期間の試験が実施されているのに対し、本知見は 8 日間という短期間の試験から得られたものであることから、最終的な毒性の評価に際してはこれを考慮に入れる必要があるとされた。

【微生物学的影響のエンドポイントについて】

微生物学的影響の評価については、ヒトの腸内細菌叢への影響を十分に反映できる単独の試験法が確立されていない現状を考慮すると、得られている知見のうち最も適切と考えられるものを用いて微生物学的 ADI を設定する手法が妥当であると考えられる。オフロキサシンについての微生物学的影響については、*in vitro* の知見として MIC₅₀、*in vivo* の知見としてヒト臨床上の使用経験における有害影響、ヒトボランティアにおける 5 日間経口投与による臨床観察がある。

オフロキサシンについてはヒト臨床上において比較的長い使用経験がある。臨床における最も主要な副作用は消化器系への影響で、次いで頭痛、睡眠障害と言った中枢神経系の影響であった。これは健常男性ボランティアにおける 10 日間の投与試験でも同様であった。また、5 名の健常ボランティアにおける 5 日間の経口投与($200\text{mg}/\text{ヒト}, 1\text{日 }2\text{回}$)について微生物学的影響が検討されているが、この試験において糞便中に耐性菌は検出されず、嫌気性菌の総数にも変化は認められなかった。しかしながら、糞便中の嫌気性菌の割合に変化が認められ、さらに当初は 2/5 でしか認められなかった *Candida spp.* が投与 4 日目には全ての被験者から検出されるようになったため、 $400\text{mg}/\text{ヒト}/\text{日のオフロキサシンの経口投与は、ヒト腸内細菌叢のコロニー形成耐性をかく乱したものと考えられ、NOEL は決定できなかった。$

一方、*in vitro* の知見については、ヒト腸内細菌叢から検出される優勢菌種である *Bacteroides*、*Bifidobacterium*、*Clostridium*、*Eubacterium*、*Fusobacterium*、*Peptococcus / Peptostreptococcus* 等の偏性嫌気性菌、R-plasmid のリザーバーとなる可能性や乳幼児で優勢菌種となる可能性のある、*Enterococcus*、*E. coli*、*Lactobacillus* 等の通性嫌気性菌が微生物学的 ADI の設定に際して MIC₅₀ を用いる場合に適切な菌種として国際的に推奨されており、食品安全委員会においても基本的にこれらを用いて評価を実施している。オフロキサシンについては、これらのヒト腸内に生息する可能性がある細菌のヒト臨床分離株について、公表論文から少なくとも 37 種 2164 菌株の MIC₅₀ の情報が得られている。

これらの知見からは、 $0.5\text{ }\mu\text{g/mL}$ の濃度において *Eubacterium*、*Peptostreptococcus*、*Propionibacterium* の複数の菌種が影響を受けていた。最も低い MIC₅₀ が報告されたのは *E. coli* であったが、*E. coli* についてはヒト腸内細菌の総細菌数に占める割合はごくわずか(0.1%程度)で、腸内細菌叢かく乱に対する寄与率は軽微

であること、一般的に高度に感受性か非感受性であることが多いことから、単独で微生物学的ADIの評価に用いる MIC₅₀として採用するべきではないとされており⁽⁵³⁾⁽⁵⁴⁾、また、*Bacteroides ureolyticus* group で 0.125 µg/mL、*Clostridium perfringens*（ウェルシュ菌）で 0.39 µg/mL の MIC₅₀が報告されているが、これらは他の 12 種の *Bacteroides* が全て 1 µg/mL 以上であるのに対して著しい違いが認められ、さらにヒトボランティアの知見で *Bacteroides* への影響はほとんどなかったこと、またウェルシュ菌は食中毒菌であることから、いずれも単独で微生物学的ADIの評価に用いるのは適切でないと考えられた。

これらのことから、現時点においてはオフロキサシンの微生物学的ADIの算出に当たっては、*Eubacterium*、*Peptostreptococcus*、*Propionibacterium*における MIC₅₀の 0.5 µg/mL を採用することが適当であると判断された。

なお、ニューキノロンはナリジクス酸等のオールドキノロンと比較して耐性を付与しにくいとされているが、耐性菌が出現する可能性は否定できない。この問題についての定性あるいは定量的評価には、別途のリスク評価が必要であると考えられるが、ニューキノロン剤のヒト医療上における重要性は明らかである。

【一日摂取許容量(ADI)の設定について】

オフロキサシンについては、遺伝毒性発がん性を示さないと考えられ、ADIを設定することが可能である。

毒性学的影響について最も低い用量で被験物質投与の影響が認められたと考えられる指標は、幼若イヌを用いた 8 日間関節毒性試験における NOAEL 5 mg/kg 体重/日であった。この知見から ADIを設定するにあたっては、種差 10、個体差 10 の安全係数 100 に加え、関節毒性試験の試験期間が短いこと、及び、発がん性/慢性毒性試験の知見がないこと等を総合的に考慮して 10 を適用し、ADI は 0.005 mg/kg 体重/日と設定される。

一方、微生物学的影響について現時点で利用可能なものは *in vitro* の MIC₅₀のみであった。

結腸内容物に 220 g、細菌が暴露される分画に 30%（尿中回収率より推測）、安全係数に 1、ヒト体重に 60 kg を適用すると、

$$\text{ADI}(\text{mg/kg 体重/日}) = \frac{0.0005(\text{mg/mL}) \times 220(\text{g})}{0.3 \times 1 \times 60(\text{kg})} = 0.006 \text{ mg/kg 体重/日}$$

となる。

毒性学的影響から導かれる ADI と微生物学的影響から導かれる ADI を比較すると、現時点においては毒性学的数据から導かれた値がより小さくなり、感受性が高いと考えられることから、オフロキサシンの残留基準を設定するに際しての ADI としては、0.005 mg/kg 体重/日と設定することが適当であると考えられる。

【食品健康影響評価について】

以上より、オフロキサシンの残留基準設定に係る食品健康影響評価については、ADIとして次の値を採用することが適当と考えられる。なお、本剤の再審査に係る評価については、薬剤耐性菌を介した影響について考慮する必要があり、これについては検討中である。

オフロキサシン 0.005 mg/kg 体重/日

本評価書中で使用した略号については次にならった

ADI	一日許容摂取量
ALT	アラニンアミトランスフェラーゼ
AP	アルカリ fospha ターゼ
AST	アスパラギン酸アミトランスフェラーゼ
AUC	血中薬物濃度一時間曲線下面積
BUN	血液尿素窒素
cAMP	サイクリック AMP
CHL	チャイニーズハムスター肺由来細胞株
CHO	チャイニーズハムスター卵巣由来細胞株
C _{max}	最高血(漿)中濃度
CPK	クレアチンfosfoキナーゼ
GOT	グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ(→AST)
GPT	グルタミン酸ピルビン酸トランスアミナーゼ(→ALT)
Hb	ヘモグロビン(血色素)
Ht	ヘマトクリット
LOAEL	最小毒性量
LOEL	最小作用量
MCH	平均赤血球血色素量
MCHC	平均赤血球血色素濃度
MCV	平均赤血球容積
MBC	最小殺菌濃度
MIC	最小発育阻止濃度
MLA	マウスリンフォーマ試験
NOAEL	無毒性量
NOEL	無作用量
T _{1/2}	消失半減期
TBIL	総ビリルビン
Tcho	総コレステロール
TDI	耐容一日摂取量
TG	トリグリセリド
T _{max}	最高血(漿)中濃度到達時間

<出 典>

1. 動物用医薬品製造承認申請書(オフロキサシン)(未公表)
2. オフロキサシンの物理的化学的性質(未公表)
3. William 2001; 抗微生物薬 グッドマン・ギルマン 薬理書(下) 薬物治療の基礎と臨床 第10版; 廣川書店
4. 南新三郎 他; T-3761 の各種動物における吸収・分布・代謝及び排泄 (1995)
Jap J Antibiotics : 1995(48), 626-641
5. J. Fung-Tomc, et al. (1989); In vitro and in vivo antibacterial activities of BMY 40062, a new fluoronaphthyridone
Antimicrob Agents Chemother. : 1989 (33), No.6, 906-914
6. Yabe K, et al. (2001); A non-arthropathic dose and its disposition following repeated oral administration of ofloxacin, a new quinolone antimicrobial agent, to juvenile dogs
J Vet Med Sci : 2001 (63), No.8, 867-72
7. DP-1764(Ofloxacin)の鶏吸排分布ならびに代謝物に関する試験(未公表)
8. R. Warlich, et al. (1990); Multiple-dose pharmacokinetics of ofloxacin in serum, saliva, and skin blister fluid of healthy volunteers
Antimicrob Agents Chemother. : 1990 (34), No.1, 78-81
9. D. Israel, et al. (1993); Pharmacokinetics and serum bactericidal titers of ciprofloxacin and ofloxacin following multiple oral doses in healthy volunteers
Antimicrob Agents Chemother. : 1993 (37), No.10, 2193-2199
10. Lockley MR, et al. (1984); The pharmacokinetics and tissue penetration of ofloxacin
J Antimicrob Chemother. : 1984 (14), No.6, 647-52
11. H. Lode, et al. (1987); Pharmacokinetics of ofloxacin after parenteral and oral administration
Antimicrob Agents Chemother. : 1987 (31), No.9, 1338-1342
12. DP-1764(液)の鶏残留性試験(その1)(未公表)
13. DP-1764(液)の鶏残留性試験(その2)(未公表)
14. 大野広志 他; 合成抗菌剤DL-8280 のマウス、ラット、イヌおよびサルにおける急性毒性(1984)
Chemotherapy : 1984(32), S-1, 1084-1090
15. DL-8280 の分解物、代謝物の急性毒性試験(未公表)
16. M. Kato, et. al. (1992); Acute oral toxicity of the new quinolone antibacterial agent levofloxacin in mice, rats and monkeys
Arzneim-Forsch : 1992 (42), 3a, 365-366
17. 小野寺威 他; 合成抗菌剤DL-8280 のラットにおける4週間亜急性毒性(1984)
Chemotherapy : 1984(32), S-1, 1091-1104
18. 加藤道幸 他; 合成抗菌剤DL-8280 のラットにおける26週経口慢性毒性(1984)
Chemotherapy : 1984(32), S-1, 1122-1141
19. M. Kato, et. al. (1992); Twenty-six-week oral toxicity of the new quinolone antibacterial agent levofloxacin in rats and cynomolgus monkeys
Arzneim-Forsch : 1992 (42), 3a, 367-373
20. T. Kajimura, et. al. (1992); Effect of the new quinolone antibacterial agent levofloxacin on multiple organ carcinogenesis initiated with wide-spectrum carcinogens in rats
Arzneim-Forsch : 1992 (42), 3a, 390-395
21. DL-8280 の生殖試験—ラットにおける妊娠前および妊娠初期投与試験一(未公表)
22. DL-8280 の生殖試験—ラットにおける胎仔器官形成期投与試験一(未公表)
23. S. Takayama, et. al. (1986); Reproductive toxicity of Ofloxacin

- Arzneim-Forsch : 1986 (36(II)), Nr. 8, 1244-1248
24. 島田弘康 他：新合成抗菌剤 DL-8280 の変異原性に関する検討(1984)
Chemotherapy : 1984(32), S-1, 1162-1170
25. DL-8280 の変異原性に関する検討 優性致死試験(未公表)
26. H. Shimada, et. al. (1992) ; Mutagenicity of the new quinolone antibacterial agent levofloxacin
Arzneim-Forsch : 1992 (42), 3a, 378-385
27. DL-8280 ラット経口 7 日間関節毒性試験(未公表)
28. DL-8280 のラット関節軟骨に及ぼす影響 第3報：水疱形成の週齢差(未公表)
29. H. Sakai, et. al. (1994) ; Nontoxic intravitreal dose of ofloxacin for rabbit retina
Ophthalmic res : 1994 (26), 344-351
30. 小島浩 他；DL-8280 の一般薬理作用(1984)
Chemotherapy : 1984(32), S-1, 1148-1161
31. MG Martens, et al (1991) ; Susceptibility of female pelvic pathogens to oral antibiotic agents in patients who develop postpartum endometritis
Am J Obstet Gynecol : 1991 (164), 1383-1386
32. EJC Goldstein and DM Citron (1991) ; Comparative activity of ciprofloxacin, ofloxacin, sparfloxacin, Temafloxacin, CI-960, CI-990, and WIN 57273 against anaerobic bacteria
Antimicrob Agents Chemother. : 1992 (36), No.5, 1158-1162
33. EJC Goldstein and DM Citron (1991) ; Susceptibility of anaerobic bacteria isolated from intra-abdominal infections to ofloxacin and interaction of ofloxacin with metronidazole
Antimicrob Agents Chemother. : 1991 (35), No.11, 2447-2449
34. K. Sato, et al. (1982) ; In vitro and in vivo activity of DL-8280, a new oxazine derivative
Antimicrob Agents Chemother. : 1982 (22), No.4, 548-553
35. Dirk L VC and Stefan RP (1984) ; In vitro activity of ciprofloxacin compared with those of other new fluorinated piperazinyl-substituted quinolone derivatives
Antimicrob Agents Chemother. : 1984 (25), No.4, 518-521
36. Prabhavathi BF, et al. (1986) ; In-vitro and in-vivo potency of five new fluoroquinolones against anaerobic bacteria
J Antimicrobial Chemother. : 1986 (18), 693-701
37. Lisa H and Harold CN (1987) ; In vitro activity of two new aryl-fluoroquinolone antimicrobial agents, difloxacin (A-56619) and A-56620 compared to that of other antimicrobial agents
Chemotherapy : 1987 (33), 28-39
38. Asbj Ørn D and William LD (1988) ; In vitro activity of A-56619 (difloxacin) and A-56620, two aryl fluoroquinolones
Chemotherapy : 1988 (34), 298-307
39. RN Gruneberg, et al. (1988) ; The comparative in-vitro activity of ofloxacin
J Antimicrobial Chemotherapy : 1988 (22), Suppl. C, 9-19
40. AM Espinoza, et al (1988) ; Comparative in vitro activity of a new fluorinated 4-quinolone, T-3262 (A-60969)
Antimicrob Agents Chemother. : 1988 (32), No.5, 663-670
41. TUne, et al (1988) ; In vitro activity of DR-3355, an optically active ofloxacin
Antimicrob Agents Chemother. : 1988 (32), No.9, 1336-1340
42. L. Dubreuil, et al (1996) ; Activé in vitro D'une nouvelle fluoroquinolone, la marbofloxacine (RO 09-1168) sur les anaérobies stricts et quelques bactéries de la flore fécale humaine

Path Biol : 1996 (44), 333-336

43. Y Fukuoka, et al (1993) ; In vitro and in vivo antibacterial activities of T-3761, an new quinolone derivative
Antimicrob Agents Chemother. : 1993 (37), No.3, 384-392
44. S Pecquet, et al (1987) ; Effect of oral ofloxacin on fecal bacteria in human volunteers
Antimicrob Agents Chemother. : 1987 (31), No.1, 124-125
45. Stein GE, et al (1991) ; Safety of multiple doses of ofloxacin in healthy volunteers
Drugs Exptl Clin Res : 1991 (XVII), 10/11, 525-529
46. R Blomer, et al (1986) ; Safety of ofloxacin – adverse drug reactions reported during phase-II studies in Europe and in Japan
Infection : 1986 (14), Suppl. 4, S332-S334
47. M Tanaka, et al. (2004) ; Absorption, distribution and excretion of ¹⁴C-levofloxacin after single oral administration in albino and pigmented rats: binding characteristics of levofloxacin-related radioactivity to melanin in vivo.
J Pharm Pharmacol. : 2004 Apr; 56(4), 463-9.
48. K Marutani, et al. (1993) ; Reduced phototoxicity of a fluoroquinolone antibacterial agent with a methoxy group at the 8 position in mice irradiated with long-wavelength UV light
Antimicrob Agents Chemother. : 1993 (37), No.10, 2217-2223
49. Zhang T, et al. (2004) ; Compare two methods of measuring DNA damage induced by photogenotoxicity of fluoroquinolones.
Acta Pharmacol Sin. : 2004 Feb, 25(2), 171-5.
50. Ronald et, al. (1999) ; Photogenotoxicity of fluoroquinolones in Chinese hamster V79 cells: dependency on active topoisomerase II.
Photochem Photobiol. : 1999 Mar, 69(3), 288-93.
51. Scheifele RT et, al. ; Photosensitizing potential of ofloxacin
Int J Dermatol. : 1993 Jun, 32(6) : 413-6
52. Yagawa K. ; Latest industry information on the safety profile of levofloxacin in Japan.
Cancer Chemotherapy : 2001 (47) Suppl 3, 38-43, discussion 44-8.
53. WHO TRS 893 (2000)
54. EMEA (2002) ; REVISED GUIDELINE ON SAFETY EVALUATION OF ANTIMICROBIAL SUBSTANCES REGARDING THE EFFECTS ON HUMAN GUT FLORA