



Đánh giá tổng quan

Sư tử châu Phi và Bệnh truyền nhiễm từ động vật sang người: Ý nghĩa đối với các trang trại nuôi sư tử vì mục đích thương mại tại Nam Phi.

Jannah Green ¹, Catherine Jakins ², Eyob Asfaw ¹, Nicholas Bruschi ¹, Abbie Parker ¹, Louise de Waal ² and Neil D'Cruze ^{1*}

- ¹ Tổ chức Bảo vệ Động vật Thế giới, số 222 Gray's Inn Rd., London WC1X 8HB, UK; JannahGreen@worldanimalprotection.org (J.G.); EyobAsfaw@worldanimalprotection.org (E.A.); NicholasBruschi@worldanimalprotection.org (N.B.); AbbieParker@worldanimalprotection.org (A.P.); NeilDCruze@worldanimalprotection.org (N.D.C)
- ² Tổ chức Blood Lion NPC, PO Box 1548, Kloof 3640, South Africa; cathjakins@gmail.com (C.J.); louise@greengirlsinafrica.com (L.d.W.)
- * Tác giả liên hệ: NeilDCruze@worldanimalprotection.org

Ngày nhận: 21 tháng 8 năm 2020; Ngày chấp nhận: 17 tháng 9 năm 2020; Ngày xuất bản:

Tóm tắt: Tại Nam Phi, hàng nghìn cá thể sư tử châu Phi bị nuôi nhốt trong các trang trại vì mục đích thương mại, bao gồm các hoạt động du lịch, săn bắn chiến phẩm và thuốc cổ truyền. Sư tử sống tại các trang trại thường xuyên tiếp xúc trực tiếp với con người, chẳng hạn như công nhân trang trại và khách du lịch. Sự tiếp xúc gần gũi giữa động vật hoang dã và con người đã tạo điều kiện cho quá trình lây lan các bệnh truyền nhiễm từ động vật sang người (zoonotic diseases). Để hiểu rõ hơn về các mối đe dọa đối với sức khỏe gắn liền với các trang trại nuôi sư tử, trong nghiên cứu này, chúng tôi đã biên soạn một bản danh sách các tác nhân gây bệnh (vi khuẩn, vi rút, ký sinh trùng và nấm) được cho là có ảnh hưởng đến sư tử châu Phi. Chúng tôi đã xem xét 148 nghiên cứu khoa học và xác định được tổng cộng 63 tác nhân gây bệnh, được ghi nhận ở cả sư tử hoang dã và nuôi nhốt, hầu hết trong số chúng là ký sinh trùng (35, 56%), tiếp đến là vi rút (17, 27%) và vi khuẩn (11, 17%). Số liệu này bao gồm các mầm bệnh có thể truyền từ sư tử sang động vật khác và sang người. Chúng tôi cũng tìm thấy tổng cộng 83 bệnh và các triệu chứng lâm sàng gắn liền với các tác nhân gây bệnh này. Do các tác nhân gây bệnh và các bệnh truyền nhiễm gắn liền với chúng có thể đe dọa sức khỏe của cả động vật và cộng đồng, chúng tôi khuyến nghị ngành chăn nuôi sư tử tại Nam Phi cần hành động ngay để ngăn chặn và quản lý các đợt bùng phát dịch bệnh tiềm ẩn.

Tóm lược: Sư tử châu Phi (*Panthera leo*) được nuôi nhốt vì mục đích thương mại tại các trang trại trên khắp Nam Phi và thường tiếp xúc gần với công nhân trang trại, khách du lịch và những người có liên quan khác. Quá trình lây truyền bệnh từ động vật sang người xảy ra thông qua tiếp xúc gần giữa động vật hoang dã và con người, do vậy, các hoạt động nuôi nhốt động vật vì mục đích thương mại tiềm ẩn nguy cơ đe dọa hàng nghìn cá thể sư tử bị nuôi nhốt cũng như sức khỏe cộng đồng. Cần tìm hiểu về các vi sinh vật gây bệnh có ảnh hưởng đến sư tử để có thể đánh giá một cách hiệu quả nguy cơ xuất hiện và lây truyền dịch bệnh trong ngành công nghiệp này. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã tiến hành tìm kiếm một cách có hệ thống các tài liệu học thuật, xác định 148 nghiên cứu được thẩm định và sử dụng các nghiên cứu này để tóm tắt phạm vi tác nhân gây bệnh và ký sinh trùng có ảnh hưởng đến sư tử châu Phi. Chúng tôi đã ghi nhận tổng số 63 vi sinh vật gây bệnh, thuộc 35 chi trên 30 họ phân loại. Hơn một nửa trong số này là ký sinh trùng (35, 56%), tiếp đến là vi rút (17, 27%) và vi khuẩn (11, 17%). Chúng tôi cũng ghi nhận một số vi sinh vật gây bệnh mới đại diện cho các loài không xác định và chưa được mô tả trước đây. Trong bản danh sách tác nhân gây bệnh, có những chủng có thể lây truyền từ sư tử sang loài khác, kể cả con người. Ngoài ra, 83 triệu chứng lâm sàng và các bệnh gắn liền với các tác nhân gây bệnh này cũng đã được xác định. Nhận thấy những hiểm họa do các bệnh truyền nhiễm gây ra, nghiên cứu này tập trung nêu bật những rủi ro tiềm ẩn đối với sức khỏe cộng đồng gắn liền với ngành công nghiệp nuôi nhốt. Chúng tôi

khuyến nghị các cơ quan hữu quan cần hành động ngay nhằm quản lý và ngăn chặn các hiểm họa gây ra bởi các tác nhân gây bệnh truyền nhiễm từ động vật sang người từ các trang trại sư tử.

Từ khóa: bệnh truyền nhiễm từ động vật sang người; *Panthera leo*; sức khỏe con người; an ninh sinh học; nuôi nhốt động vật hoang dã; buôn bán động vật hoang dã; lây truyền dịch bệnh

1. Giới thiệu

Bệnh lây truyền từ động vật sang người là bệnh truyền nhiễm do các tác nhân gây nhiễm (bao gồm vi khuẩn, ký sinh trùng, nấm, vi rút và prions (protein lệch tâm) có thể lây truyền giữa động vật có vú có xương sống và người [1]. Sự bùng phát các dịch bệnh truyền nhiễm có nguồn gốc từ động vật có thể dẫn đến hậu quả to lớn đối với sức khỏe cộng đồng và được cho là nguyên nhân gây ra hai tỷ trường hợp bệnh tật ở người và hơn hai triệu người chết mỗi năm [2]. Sự bùng phát dịch bệnh bắt nguồn từ động vật hoang dã thỉnh thoảng cũng gây thiệt hại kinh tế hàng trăm tỷ đô la [3]. Đại dịch toàn cầu gần đây nhất, coronavirus COVID-19, cũng được cho là bắt nguồn từ động vật hoang dã [4], có khả năng gây thiệt hại cho nền kinh tế toàn cầu từ 5-9 nghìn tỷ Đô-la Mỹ [5].

Tỷ lệ gia tăng các bệnh truyền nhiễm mới nổi được cho là kết quả của những thay đổi do con người gây ra trong quá trình sử dụng đất, khai thác tài nguyên thiên nhiên, hệ thống chăn nuôi và buôn bán động vật hoang dã trên phạm vi toàn cầu [6,7]. Động vật hoang dã là vật chủ mang một lượng lớn các bệnh truyền nhiễm và thường không rõ nguồn gốc [8], đồng thời quá trình lây truyền bệnh từ động vật sang người xảy ra khi động vật hoang dã sinh sống gần con người [6]. Hầu hết các đại dịch toàn cầu gần đây [9], bao gồm COVID-19, được cho là bắt nguồn từ vật chủ là động vật hoang dã [4]. Một loạt các giải pháp có thể được áp dụng nhằm ngăn chặn dịch bệnh truyền nhiễm từ động vật sang người trong tương lai (xem Petrovan et al. [10]). Tuy nhiên, có ý kiến cho rằng nỗ lực giảm thiểu tiếp xúc giữa động vật hoang dã và con người có thể là cách tiếp cận thực tế và hiệu quả nhất nhằm giảm thiểu mối đe dọa đối với sức khỏe cộng đồng toàn cầu do các bệnh truyền nhiễm mới nổi có nguồn gốc từ động vật gây ra [11].

Sử dụng động vật hoang dã vì mục đích thương mại, dù hợp pháp hay bất hợp pháp, đều khiến con người tiếp xúc trực tiếp với nhiều loài động vật hoang dã [12]. Đặc biệt, các trang trại động vật hoang dã (sau đây được gọi là các cơ sở chăn nuôi các loài không được thuần hóa vì mục đích thương mại) có thể tạo điều kiện cho việc lây truyền mầm bệnh giữa động vật hoang dã và người chăm sóc do tiếp xúc thường xuyên hoặc kéo dài trong quá trình chăn nuôi [13]. Hơn nữa, các điều kiện gắn liền với các trang trại động vật hoang dã, chẳng hạn như mật độ cao động vật hoang dã trong cùng một chuồng, tình trạng vệ sinh kém và sự căng thẳng do sống trong điều kiện nuôi nhốt, có thể làm giảm khả năng chống lại tác nhân gây bệnh và tăng nguy cơ truyền bệnh [14,15].

Một số lượng đa chủng loại các loài động vật hoang dã được nuôi trên khắp thế giới nhằm phục vụ cho nhiều mục đích thương mại, chẳng hạn như nuôi thú cưng độc lạ (ví dụ, trang trại rắn ở Tây Phi [16]), làm thuốc cổ truyền (ví dụ, trại nuôi gấu lấy mật ở Trung Quốc và Đông Nam Á [17]), lấy da (ví dụ, các trang trại nuôi cá sấu ở Hoa Kỳ [18]), hoặc lông (ví dụ, các trang trại nuôi chồn và cáo ở châu Âu [19]). Các trường hợp bệnh truyền nhiễm phát sinh do lây truyền mầm bệnh giữa các loài động vật hoang dã được nuôi nhốt trong điều kiện trang trại đã được ghi nhận trên toàn bộ phạm vi phân loại. Chẳng hạn như, sự lây truyền bệnh sán dây *Armillifer armillatus* từ rắn sang chủ trang trại đã được ghi nhận tại Gambia [20], và gần đây, sự lây truyền nhanh chóng vi-rút corona COVID-19 giữa chồn và công nhân trang trại trại đã xảy ra tại một trang trại nuôi chồn ở Hà Lan [21].

Sư tử châu Phi (*Panthera leo*) được nhân giống và nuôi nhốt vì mục đích thương mại trong các trang trại trên khắp Nam Phi. Những cá thể sư tử bị nuôi nhốt có thể tiếp xúc trực tiếp với con người thông qua nhiều hoạt động, bao gồm trải nghiệm du lịch tương tác (chẳng hạn như: các tình nguyện viên quốc tế trả tiền để được làm việc trong các dự án chăm sóc động vật hoang dã và khách du lịch tham gia vào các hoạt động đi dạo cùng sư tử và vuốt ve sư tử con), săn bắn giải trí để giành 'chiến lợi phẩm' và xuất khẩu xương sang châu Á để phục vụ quá trình sản xuất thuốc cổ truyền [22,23]. Hoạt động xuất khẩu xương và chiến phẩm sư tử cũng đòi hỏi một số 'người trung gian' phải tiếp

xúc trực tiếp với sư tử và/hoặc xử lý các sản phẩm dẫn xuất của chúng trong quá trình vận chuyển, giết mổ và/hoặc xử lý. Mức độ tiếp xúc trực tiếp tương đối cao này giữa người và sư tử (hoặc việc tiêu thụ các bộ phận và sản phẩm dẫn xuất của chúng) tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình lây truyền bệnh.

Một nghiên cứu đánh giá các loại bệnh xuất hiện ở sư tử tại Công viên Kruger trong những năm 1970 đã cung cấp các thông tin quan trọng về nhiều loại bệnh truyền nhiễm có thể ảnh hưởng đến các quần thể trong tự nhiên (ví dụ: bệnh giun xoắn, bệnh giun chỉ, bệnh ghê, nhiễm ký sinh trùng pentastoma, nhiễm sán echinococcosis, bệnh giun sán, bệnh hepatozoonosis do bọ ve gây ra), bệnh than và bệnh sốt ve do kí sinh trùng babesia), trong số này, có một số bệnh được cho là có thể lây truyền trực tiếp hoặc gián tiếp sang người [24]. Tương tự, các nghiên cứu khoa học cũng đã ghi nhận tình trạng lây truyền các bệnh truyền nhiễm có nguồn gốc từ động vật giữa người và sư tử bị nuôi nhốt. Ví dụ, vào năm 2015, một cá thể sư tử con trong vườn thú bị mắc bệnh 'nấm da', một căn bệnh do nhiễm các loại nấm gây bệnh có tên *Epidermophyton*, *Microsporium*, hoặc *Trichophyton*, và chính người trông coi vườn thú chăm sóc cá thể sư tử cũng bị nhiễm bệnh này do có quá trình tiếp xúc liên tục với sư tử con [25].

Số lượng sư tử được nuôi tại các trang trại ở Nam Phi đã tăng theo cấp số nhân trong hai thập kỷ qua với quần thể nuôi nhốt hiện tại lên đến 8.500 cá thể, được nuôi tại hơn 300 cơ sở [22]. Quy mô rộng lớn của các cơ sở chăn nuôi tập trung này càng làm gia tăng số lượng người tiếp xúc gần với sư tử cũng như cơ hội truyền bệnh từ động vật sang người. Tuy nhiên, theo hiểu biết của các tác giả, mặc dù nhận thức được tầm quan trọng của một danh sách các sinh vật gây bệnh cho sư tử châu Phi trong việc tác động đến các nỗ lực nhằm ngăn chặn, giám sát và quản lý sự bùng phát bệnh truyền nhiễm có nguồn gốc từ động vật, nhưng hiện nay việc biên soạn danh sách này từ dữ liệu của các nghiên cứu khoa học gần đây vẫn chưa được thực hiện. Do đó, trong nghiên cứu này, chúng tôi tổng hợp thông tin của các tài liệu khoa học được công bố trong mười năm gần đây nhằm cung cấp cơ sở dữ liệu ban đầu về các sinh vật gây bệnh, đồng thời thảo luận về các rủi ro tiềm ẩn đối với sức khỏe động vật và sức khỏe cộng đồng gắn liền với ngành công nghiệp nuôi nhốt động vật săn mồi

2. Phương pháp nghiên cứu

Chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu, đánh giá một cách có hệ thống các tài liệu khoa học bằng cách sử dụng cơ sở dữ liệu của tạp chí học thuật Web of Science (Philadelphia, Hoa Kỳ). Tổng cộng có 13 cụm từ tìm kiếm liên quan đến tác nhân gây bệnh được tìm kiếm trên cơ sở dữ liệu: Disease (Bệnh), Pathogen (tác nhân gây bệnh), Virus (vi rút), Viral (gây ra bởi vi-rút), Bacteria (vi khuẩn), Bacterial (gây ra bởi vi khuẩn), Parasite (ký sinh trùng), Parasitic (gây ra bởi ký sinh trùng), Fungus (nấm), Fungal (gây ra bởi nấm), Zoonosis (bệnh động vật truyền sang người), Zoonotic (bệnh động vật truyền sang người) và Health (sức khỏe). Mỗi cụm từ tìm kiếm được thực hiện với toán tử Boolean 'AND', và thuật ngữ bổ sung *Panthera leo*. Thực hiện các tìm kiếm nêu trên cho giai đoạn 2009–2019, chúng tôi đã có được tổng cộng 252 kết quả, bao gồm 152 nghiên cứu khoa học cá nhân. Trong số 152 nghiên cứu tìm được sau quá trình tìm kiếm tài liệu, có một nghiên cứu không thể truy được nguồn do liên quan đến quyền truy cập và 3 nghiên cứu bị loại do không được xuất bản bằng tiếng Anh. 148 nghiên cứu còn lại được đưa vào phân tích.

Mỗi tài liệu được kiểm tra bởi một trong sáu người đánh giá, họ có nhiệm vụ ghi lại bất kỳ đề cập nào liên quan đến "vi khuẩn", "nấm", "ký sinh trùng", "động vật nguyên sinh" hoặc "vi rút" trong mỗi nghiên cứu. Tất cả các rối loạn, bệnh tật hoặc tình trạng đã được ghi lại trong mối tương quan với sư tử châu Phi và châu Á, cùng với danh sách các sinh vật gây bệnh được đặt tên cụ thể đã được tổng hợp. Môi trường sống của sư tử trong nghiên cứu (hoang dã hoặc nuôi nhốt) được ghi nhận cùng các thông tin cụ thể về cơ sở nơi sư tử được nuôi nhốt (doanh nghiệp thương mại, vườn thú, sở hữu tư nhân hoặc kết hợp nhiều mục đích). Ngoài ra, chúng tôi cũng xem xét các nghiên cứu để tìm hiểu thông tin về sự lây truyền bệnh. Những người tham gia nghiên cứu đã ghi lại các trường hợp sinh vật gây bệnh lây truyền giữa sư tử châu Phi và các loài động vật khác, cũng như giữa sư tử châu Phi và con người.

3. Kết quả

Chúng tôi đã ghi nhận tổng cộng 63 sinh vật gây bệnh khác nhau, được cho là có thể ảnh hưởng đến sư tử (Bảng 1). Hơn một nửa số sinh vật gây bệnh được ghi nhận là ký sinh trùng (35, 56%), bao gồm bọ ve (Ixodida) (4, 6%), tiếp theo là vi-rút (17, 27%) và vi khuẩn (11, 17%), không có loại nấm gây bệnh nào được ghi nhận. 63 sinh vật gây bệnh này thuộc 35 chi khác nhau trên 30 họ phân loại. Ba sinh vật gây bệnh mới thuộc các loài không xác định và chưa được mô tả cũng đã được ghi nhận.

Nghiên cứu cũng xác định tổng cộng 83 triệu chứng lâm sàng và các bệnh liên quan đến các sinh vật gây bệnh này (Bảng 2). Kết quả nhận được đã nêu bật phạm vi mỗi đe dọa nguy hiểm đến sức khỏe mà những sinh vật này gây ra cho vật chủ. Liên quan đến thông tin về sự lây truyền bệnh, 38 nghiên cứu khoa học (26%) đề cập đến sự lây truyền giữa sư tử và các loài khác và ba nghiên cứu (2%) đề cập cụ thể đến sự lây truyền giữa sư tử và con người.

Trong số 109 nghiên cứu tập trung vào sư tử châu Phi, 45 nghiên cứu (41%) dựa trên dữ liệu từ sư tử bị nuôi nhốt, 61 nghiên cứu (56%) thu thập dữ liệu từ sư tử hoang dã và ba nghiên cứu (3%) có sự kết hợp của cả hai đối tượng. Trong số các nghiên cứu tập trung vào sư tử bị nuôi nhốt, chỉ có một dữ liệu được thu thập từ một cơ sở chăn nuôi vì mục đích thương mại ở Nam Phi. Nghiên cứu sử dụng các mẫu từ ba con sư tử đã chết để phân tích lịch sử tiến hóa của chúng và không liên quan đến tác nhân gây bệnh hoặc bệnh tật. Một nghiên cứu khác tập trung vào các cơ sở chăn nuôi thương mại ở Nam Phi nhưng không thu thập dữ liệu trực tiếp mà thay vào đó sử dụng các nguồn tài liệu để đánh giá sự phù hợp của sư tử nuôi nhốt đối với hoạt động đưa trở lại tự nhiên. Phần còn lại của dữ liệu về sư tử nuôi nhốt được thu thập từ những con sư tử được nuôi trong vườn thú, khu bảo tồn động vật hoang dã và khu bảo tồn thiên nhiên (34, 76%), sở hữu tư nhân (5, 11%) hoặc kết hợp cả hai (4, 9%).

Bảng 1. Các vi sinh vật gây bệnh (phân loại thành vi khuẩn, ký sinh trùng và vi-rút) được thu thập từ 148 nghiên cứu trong bộ dữ liệu.

Loại mầm bệnh	Họ	Chi/Loài	Nguồn
Vi khuẩn	Actinomycetaceae	<i>Actinomyces</i>	[26]
	Anaplasmataceae	<i>Ehrlichia canis</i>	[27]
		<i>Bartonella koehlerae</i> subsp.	
	Bartonellaceae	<i>boulouisii</i> ;	[28]
		<i>Bartonella henselae</i>	
	Clostridiaceae	<i>Clostridia</i>	[26]
	Enterobacteriaceae	<i>Escherichia coli</i>	[26]
	Mycobacteriaceae	<i>Mycobacterium bovis</i>	[29–38]
	Mycoplasmataceae	<i>Mycoplasma haemominutum</i>	[39,40]
		<i>Mycoplasma Hemoplasma</i> spp	[41]
Rickettsiaceae	<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	[27]	
Streptococcaceae	<i>Alpha-hemolytic streptococcus</i>	[26]	
Vi-rút	Paramyxoviridae	<i>Morbillivirus</i> spp.	[42,43]
		<i>Canine distemper virus</i>	[32,37,42,44–59]
	Caliciviridae	<i>Feline calicivirus</i>	[44,47,51,56,60–62]
		<i>Sapovirus</i> <i>Norovirus</i>	[56]
	Herpesviridae	<i>Feline herpes virus</i>	[44,47,51,60,62]
	Retroviridae	<i>Feline immunodeficiency virus</i>	[32,38,47,51,52,57,60,62–71]
		<i>Feline lentivirus</i>	[72]
		<i>Feline leukemia virus</i>	[65,73,74]
		<i>Feline panleukopenia virus</i>	[44,51,61]
		<i>Gammaretrovirus</i>	[74]
	Parvoviridae	<i>feline panleukopenia virus</i>	[51]
		<i>Parvovirus</i>	[75]
	Coronaviridae	<i>Feline coronavirus</i>	[47,62]

	Picobirnaviridae	<i>Picobirnavirus</i>	[76]	
	Reoviridae	<i>Mammalian orthoreovirus</i>	[77]	
	Papillomaviridae	<i>Papillomavirus</i>	[78]	
	Smacoviridae	<i>Smacovirus</i>	[79]	
Ký sinh trùng	Babesiidae	<i>Babesia canis</i>	[80,81]	
		<i>Babesia felis</i>	[80,82]	
		<i>Babesia lengau</i>	[80]	
		<i>Babesia leo</i>	[27,80,82]	
		<i>Babesia. spp.</i>	[32,51,82]	
		<i>Babesia vogeli</i>	[27,80]	
		<i>Novel babesia (similar to lengau)</i>	[80]	
	Ixodidae	<i>Rhipicephalus simus;</i>		
		<i>Rhipicephalus sulcatus;</i>		[51]
		<i>Rhipicephalus appendiculatus</i>		
			<i>Rhipicentor nuttalli</i>	[51]
	Angiostrongylidae	<i>Aelurostrongylus abstrusus</i>		[83]
		<i>Aelurostrongylus spp.</i>		[83,84]
	Sarcocystidae	<i>Cystoisospora spp</i>		[85]
		<i>Cystoisospora felis like oocysts;</i>		[86]
		<i>Cystoisospora rivolta like oocysts</i>		
		<i>Sarcocystis spp.</i>		[84]
			<i>Toxoplasma gondii</i>	[87,88]
	Theileriidae	<i>Cytauxzoon manul</i>		[27]
		<i>Theileria parva;</i>		[27]
<i>Theileria sinensis</i>				
Diphyllobothriidae	<i>Spirometra pretoriensis</i>		[89]	
	<i>Spirometra ranarum</i>		[89,90]	
	<i>Spirometra theileri</i>		[89–91]	
	<i>Spirometra spp.</i>		[84,85,92]	
	<i>Trypanosome b. rhodesiense;</i>			
Trypanosomatidae	<i>Trypanosome congolense;</i>		[93]	
	<i>Trypanosome brucei s.l.</i>			
Taeniidae	<i>Taeniid cestodes</i>		[84]	
	<i>Taeniid spp.</i>		[85]	
Toxocaridae	<i>Toxascaris leonine</i>		[94,95]	
	<i>Toxocara cati</i>		[84]	
Trichinellidae	<i>Trichinella spp.</i>		[96]	
Hepatozoidae	<i>Hepatozoon canis;</i>		[27,82]	
	<i>Hepatozoon felis</i>			

Bảng 2. Các bệnh và triệu chứng lâm sàng liên quan đến sự tử được ghi nhận trong 148 nghiên cứu trong bộ dữ liệu

Phân loại	Thuật ngữ sử dụng trong các nghiên cứu
Bệnh	Bệnh sốt ve [54]; bệnh lao bò [29,30,32–34,37,47,52,62,64,71,97–99]; bệnh sán chó [52]; viêm phổi hai bên [100]; bệnh viêm não [42,43]; bệnh thần kinh [43,50]; viêm lợi [69]; ung thư tuyến mật [26]; bệnh thận [26]; ung thư tuyến nang đường mật [26]; nhiễm trùng máu do vi khuẩn [26]; bệnh phổi mô kẽ [26,43]; viêm gan hoại tử và bạch cầu trung tính [26]; bệnh đại [53]; viêm phổi [94]
Triệu chứng lâm sàng	Tổn thương thần kinh cấp tính [50]; thiếu máu [32]; kích thước nhân tế bào không đều [78]; biếng ăn [41,42,50]; mất điều hòa vận động [43,100]; sưng dưới hàm hai bên [100], hội chứng suy giảm sức khỏe thể chất và tinh thần [69]; tắc nghẽn phổi [26]; đục giác mạc [100]; mất nước [26,32,69]; mất nước và tăng huyết áp do bệnh

thận [101]; suy giảm các cơ quan bạch huyết [50]; suy giảm anbumin [32]; trầm cảm nặng hoặc sùng sò [43]; nổi mề đay và/hoặc viêm da quanh miệng [78]; tiêu chảy [94,95]; mất định hướng [43]; khó thở [100]; nang dịch khuỷu tay [33]; gầy mòn [33,35,100]; chướng bụng [26]; co giật cơ mặt và chi trước (co giật tái diễn) [43]; sarcoid mèo (u thịt) [78]; u xo [78]; động kinh cơn lớn [43]; bất thường huyết học [64]; tăng globulin huyết [69]; suy giảm miễn dịch [70]; chứng co giật [102]; nghiêng đầu [102]; uốn người ra sau [102]; mất điều hòa vận động [102]; mù mắt [102]; giảm anbumin huyết thanh [32]; chứng tăng bạch cầu đơn nhân [32]; ứ máu nội mạch [26]; mù do ivermectin [103]; ngủ lịm [41]; chứng giảm bạch cầu [75]; tình trạng rụng lông [69]; hạch bạch huyết phì đại [33] [69]; suy giảm tế bào bạch huyết trong các hạch bạch huyết và lá lách [69]; chứng giảm bạch huyết bào [42]; tăng globulin huyết [32]; bất thường rõ rệt ở gan [26]; suy dinh dưỡng [95]; sưng hàm dưới [33]; ghè lở [33]; rụng lông rõ rệt [100]; chảy nước mũi [42]; viêm lá lách [26]; tổn thương đa u nang dạng hạch [26]; tắc ruột [94]; u nhú [69]; u nang quanh ống mật [26]; gan đa nang [26]; tổn thương phổi và xương [35]; sốt [42]; co giật nghiêm trọng [104]; áp-xe vai [33]; thờ gập [100]; nôn mửa [94,95]

4. Bàn luận

Một nghiên cứu có tính hệ thống các tài liệu khoa học đã xác nhận rằng có đến 63 sinh vật gây bệnh khác nhau tồn tại ở cả sư tử nuôi nhốt và hoang dã (Bảng 1 và 2). Chúng tôi cũng đã ghi nhận một số sinh vật gây bệnh mới, đại diện cho các loài không xác định và chưa được mô tả, bao gồm các loài *Babesia* mới và *Cystoisospora* mới – giống dạng kén hợp tử.

Hiện nay, có rất ít kiến thức về tính nhạy cảm, sự lây truyền, dịch tễ học và bệnh lý học của các loại bệnh thường gặp đối với sư tử [100]. Trong khi danh sách các sinh vật gây bệnh chắc chắn sẽ ngày càng tăng lên, nghiên cứu này giúp cung cấp một bản kê ban đầu quan trọng. Khi xem xét những khía cạnh như điều kiện hoạt động của ngành chăn nuôi sư tử hiện nay, quy mô đáng kể của hoạt động buôn bán sư tử, và tình trạng dễ mắc bệnh của loài động vật này đối với nhiều loại sinh vật gây bệnh đa vật chủ, rất có thể sư tử nuôi đóng vai trò trung tâm trong sự xuất hiện, khuếch đại và lây truyền bệnh dịch cho cả con người và quần thể động vật hoang dã.

4.1. Ý nghĩa đối với sức khỏe sư tử

Một số sinh vật gây bệnh được ghi nhận trong nghiên cứu này là mối lo ngại lớn đối với sức khỏe của cả sư tử hoang dã và nuôi nhốt. Chẳng hạn như, ký sinh trùng *Babesia*, vi khuẩn *Mycobacterium bovis* (một loại vi khuẩn được biết đến là nguyên nhân gây bệnh lao), vi rút canine distemper gây bệnh Care (CDV) – bệnh sài sốt chó, vi rút canine parvovirus gây bệnh Parvo ở chó (CP) và vi rút feline panleukopenia gây giảm bạch cầu ở mèo (FPLV) (Bảng 1) đều rất dễ lây lan dẫn đến tỷ lệ mắc bệnh và tử vong cao ở các loài ăn thịt dễ mắc bệnh. Khi nhiễm các mầm bệnh này, sư tử có thể xuất hiện hàng loạt các triệu chứng lâm sàng, bao gồm nhưng không giới hạn: gầy mòn, rụng tóc, tiêu chảy, co giật, co giật liên tục và trầm cảm (Bảng 2).

Một số sinh vật gây bệnh này đặc biệt khó kiểm soát vì chúng có thể khiến các động vật dễ mắc bệnh bị lây nhiễm mà không cần thông qua tiếp xúc trực tiếp. Những con sư tử bị nhiễm bệnh thải mầm bệnh theo phân và các chất bài tiết khác của cơ thể, ví dụ, chất tiết hô hấp bắn ra ngoài [105,106], khiến cho môi trường bị lây nhiễm và gây lây lan dịch bệnh một cách nhanh chóng. Hơn nữa, một số mầm bệnh này có thời gian ủ bệnh lâu hơn và do đó có thể sống trong cơ thể động vật mà không bị phát hiện cho đến khi chúng đạt đến mức nguy hiểm. Ví dụ, thời gian khởi phát bệnh lao rất chậm, trong nhiều trường hợp, phần lớn sư tử bị nhiễm bệnh ban đầu đều trông có vẻ khỏe mạnh [100,107]. Trong môi trường nuôi nhốt, điều này cũng gây khó khăn cho công tác phát hiện và ngăn chặn sự lây lan của bệnh truyền nhiễm giữa các cá thể được nuôi cùng nhau.

Ngoài ra, một số sinh vật gây bệnh có khả năng sẽ tạo ra thách thức về mặt quản lý đối với các trang trại nuôi sư tử vì mục đích thương mại, nguyên nhân là do sự khởi phát bệnh ở sư tử thường xảy ra đột ngột sau khi bị căng thẳng cao, ví dụ như, sau thời gian mang thai và cho con bú lặp lại liên tiếp [100]. Có ý kiến cho rằng điều kiện nuôi nhốt tập trung và kém vệ sinh có thể làm tăng tỷ lệ

mắc FPLV ở động vật ăn thịt trong điều kiện nuôi nhốt, như sư tử [108]. Sự lây lan dịch bệnh được đẩy mạnh trong tình trạng suy giảm miễn dịch, đồng thời quá trình tiếp xúc trực tiếp giữa con người với động vật hoang dã cùng các tiêu chuẩn hạn chế về sức khỏe và an toàn là tất cả các tiêu chí để trở thành một điểm nóng về bệnh truyền nhiễm từ động vật sang người mới nổi [12].

Một thách thức khác đối với các cơ sở nuôi nhốt là những tác nhân gây bệnh tương như vô hại lại có thể gây hại khi sư tử ‘đồng nhiễm’ nhiều mầm bệnh. Ví dụ, đã xảy ra những ca tử vong nghiêm trọng khi các cá thể sư tử bị nhiễm cả bệnh babesiosis (bệnh sốt ve do ký sinh trùng babesia) và CDV, dẫn đến các bệnh nghiêm trọng như viêm phổi và viêm não, mặc dù chúng trông hoàn toàn khỏe mạnh khi chỉ bị nhiễm bệnh babesiosis [81]. Thực tế này càng thách thức quá trình xác định các cá thể bị nhiễm bệnh để quản lý dịch bệnh trước khi xảy ra lây lan.

4.2. Ý nghĩa đối với sức khỏe con người

Ngoài ý nghĩa tiềm tàng đối với sức khỏe của sư tử, nhiều sinh vật gây bệnh được ghi nhận trong các tài liệu khoa học được nghiên cứu cũng làm dấy lên mối lo ngại về sức khỏe con người. Chẳng hạn như, các chủng gây bệnh của vi khuẩn Enterobacteriaceae *Escherichia coli* [26], ký sinh trùng Sarcocystidae *Toxoplasma gondii* [14,87], và rất có thể, ký sinh trùng Toxocaridae *Toxascaris leonine* [109] có khả năng lây truyền qua đường phân – miệng từ sư tử sang người. Đối với những loài khác, ví dụ như vi khuẩn Rickettsiaceae *Anaplasma phagocytophilum* [27], cũng có thể lây truyền qua vết cắn của bộ chân đốt bị nhiễm bệnh.

Một số tác nhân gây bệnh có khả năng xâm nhập vào mô người bằng cách sử dụng keratin và do đó chỉ cần tiếp xúc vật lý với lông của sư tử cũng có thể bị nhiễm bệnh; ví dụ như, nấm *Microsporium gypseum* - nguyên nhân gây bệnh nấm da [110]. Việc áp dụng các biện pháp dự phòng để duy trì điều kiện vệ sinh cho động vật và các chuyên gia thường xuyên tiếp xúc với chúng là điều tối quan trọng nhằm giảm thiểu khả năng lây nhiễm bệnh, tuy nhiên quá trình này rất khó quản lý do bản chất mầm bệnh không hề gây ra triệu chứng nào ở sư tử khỏe mạnh [110]. Du khách đến thăm các trang trại sư tử ở Nam Phi cũng phản ánh rằng các quy trình vệ sinh cơ bản, ví dụ như hóa chất khử trùng tay và thảm bước để khử trùng giày giữa các chuồng nuôi, thường không có sẵn cho những người có ý định tiếp xúc với động vật [111].

Sư tử cũng đã được ghi nhận là vật chủ của các bệnh được Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) liệt vào danh sách "các bệnh nhiệt đới bị lãng quên (NTDs)" [112]. Ví dụ, bệnh ngủ châu Phi (trypanosomiasis) ở người do trypanosomes, loại ký sinh trùng đa vật chủ có khả năng lây nhiễm cho nhiều loài động vật hoang dã, bao gồm cả sư tử [93], mang nhiều mầm bệnh có thể lây truyền cho cả người và vật nuôi. *Echinococcosis* - một bệnh ký sinh do sán dây cư trú trong ruột của động vật ăn thịt, bao gồm cả sư tử [52] – có thể gây bệnh nghiêm trọng và tử vong ở người. Tỷ lệ nhiễm *Echinococcosis* đang gia tăng ở một số nước châu Phi do sự tiếp xúc thường xuyên giữa thú săn lớn (vật chủ mang mầm bệnh), vật nuôi trong nhà (như chó) và người dễ bị nhiễm bệnh [113]. Không lưu tâm đến những ký sinh trùng này có thể gây ra những hậu quả kinh tế - xã hội nghiêm trọng [113].

Động vật ăn thịt bị nuôi nhốt dễ bị nhiễm *Toxoplasma* - một loại ký sinh trùng đơn bào có khả năng lây nhiễm cao từ động vật sang người [113]. Sư tử nói riêng đã được xác định là một loài vật chủ dễ mắc bệnh [113]. Sư tử bị nhiễm *Toxoplasma* có thể truyền ký sinh trùng cho người qua đường máu và phân, gây ra các bệnh viêm phổi, tim và não nghiêm trọng (cùng với các loại bệnh khác), đôi khi dẫn đến tử vong [113]. Một số loài *Toxoplasma* cũng được ghi nhận là có thể gây sẩy thai và thai lưu; việc đánh giá thấp ảnh hưởng của những ký sinh trùng này đối với con người có thể dẫn đến một đại dịch trong tương lai, khiến cho tình trạng giảm tuổi thọ và tăng tỉ lệ tử vong ở trẻ em và bà mẹ ngày càng phổ biến [113].

Sư tử cũng dễ bị mắc bệnh lao bò (bTB) – một bệnh do nhiễm vi khuẩn *M. bovis* [32,47]. Sự lây truyền bệnh lao trong mối tương tác giữa động vật hoang dã–vật nuôi–con người đang trở thành mối quan tâm toàn cầu, đặc biệt là ở khu vực châu Phi cận Sahara, nơi sự lây nhiễm đang lan rộng [114]. Sư tử nhiễm bTB từ xác trâu bị nhiễm bệnh [32], và mặc dù chưa có trường hợp lây truyền trực tiếp từ động vật hoang dã sang người (hoặc ngược lại) được ghi nhận [114], nhưng đây vẫn là một mối quan ngại ngày càng tăng, đặc biệt ở các nước như Nam Phi, nơi có số lượng người nhiễm HIV tương đối cao [115,116] và bởi vì HIV là yếu tố nguy cơ cao nhất được biết đến của bệnh lao [32]. Việc lây

truyền các chủng vi khuẩn lao khác từ động vật hoang dã bị nuôi nhốt sang người cũng đã được ghi nhận [117].

Dịch bệnh xuất phát từ loài mèo cũng có thể xảy ra (ví dụ, bệnh do vi-rút carine distemper ở mèo lớn) nhưng tương đối hiếm [118]. Mặc dù không có bằng chứng về sự lây truyền feline coronavirus từ sư tử sang người, nhưng việc cô lập các mầm bệnh có khả năng gây đại dịch ra khỏi bất kỳ vật chủ nào là rất quan trọng, vì nếu không làm vậy, chúng ta có thể tạo điều kiện thích hợp cho vi-rút này thích nghi với các vật chủ khác, khiến dễ dàng lây lan dịch bệnh từ động vật có vú sang con người, và có thể cả từ người sang người, mở đường cho một đại dịch có sức tàn phá khủng khiếp [119].

Chẳng hạn, gần đây người ta đã xác nhận rằng loài mèo lớn, bao gồm cả sư tử, có thể bị nhiễm Sars-CoV-2 [120]. Một số chuyên gia đã từng công bố quan điểm rằng Sars-CoV-2 không có khả năng lây lan tự nhiên trong quần thể mèo lớn hoang dã [118]. Tuy nhiên, dựa trên thực tế về trường hợp sư tử và hổ có kết quả xét nghiệm dương tính với Sars-CoV-2 trong Vườn thú Bronx (có khả năng bị lây nhiễm từ một nhân viên sở thú) [121,122], người ta đang lo ngại rằng vi-rút này có thể lây truyền từ người sang loài mèo lớn và ngược lại trong các điều kiện liên quan đến các cá thể bị nuôi nhốt [118].

4.3. Ý nghĩa đối với hoạt động nuôi sư tử

Việc nuôi nhốt các loài động vật hoang dã dẫn đến sự tiếp xúc gần không tự nhiên giữa con người và động vật hoang dã, tạo điều kiện thuận lợi cho việc lây truyền mầm bệnh giữa các loài động vật [123]. Trong nhiều trường hợp, sư tử được nuôi nhốt trong các trang trại theo chương trình nhân giống bảo tồn [124], nhưng số lượng sư tử bị nuôi nhốt trong các trang trại động vật hoang dã vì mục đích thương mại còn lớn hơn rất nhiều [125]. Trong khi rất ít dữ liệu chi tiết về quy mô của hoạt động nuôi nhốt động vật hoang dã nói chung và nuôi sư tử nói riêng ở Nam Phi được công bố, vào tháng 7 năm 2019, Bộ trưởng Bộ Môi trường, Lâm nghiệp và Thủy sản Nam Phi đã trả lời câu hỏi của Quốc hội và đưa ra thông tin về số lượng sư tử nuôi nhốt ở Nam Phi lên đến 7.979 cá thể trên khắp 366 cơ sở.

Hiện vẫn còn thiếu các nghiên cứu khoa học tập trung vào phúc lợi trong các trang trại nuôi sư tử vì mục đích thương mại trên khắp Nam Phi. Tuy nhiên, điều kiện và môi trường sống tại các cơ sở này thường được phản ánh là có phúc lợi thấp, với số lượng sư tử đông đúc, thường trong tình trạng thể chất kém và trong không gian quá chật hẹp [126,127] (Hình 1). Việc tập trung đông đúc động vật trong cùng một chuồng trại có thể gia tăng nguy cơ lây bệnh giữa các cá thể động vật hoang dã do suy giảm khả năng chống lại mầm bệnh từ các nguyên nhân liên quan đến điều kiện nuôi nhốt, chẳng hạn như vệ sinh kém, chế độ ăn uống thiếu chất hoặc căng thẳng [14,128]. Hơn nữa, việc tách con nhỏ ra khỏi mẹ và dùng sữa công thức thay thế (một thực tế được ghi nhận tại một số trang trại sư tử [111]) có thể dẫn đến thiếu hụt dinh dưỡng [129], làm suy yếu hệ thống miễn dịch và khiến động vật càng dễ bị nhiễm bệnh hơn [130].



Hình 1. Môi trường nuôi nhốt sư tử tại các cơ sở chăn nuôi vì mục đích thương mại ở Nam Phi thường được phản ánh là có phúc lợi thấp, với số lượng sư tử đông đúc, thường trong tình trạng thể chất kém và trong không gian quá chật hẹp. (Ảnh trên cùng bên trái) Sư tử cái bị nhốt trong một cái chuồng có phân và xác thối rữa. (Ảnh trên cùng bên phải) Sư tử còn ít hoặc không còn lông do bị nhiễm bệnh nặng và không được điều trị. (Ảnh dưới bên trái) Sư tử con sinh ra bị dị tật nặng, nhiều khả năng do giao phối cận huyết. (Ảnh dưới cùng bên phải) Sư tử bị nuôi nhốt trong điều kiện quá đông đúc. Bản quyền hình ảnh thuộc về Tổ chức Blood Lions.

Một bộ phận quan trọng của ngành công nghiệp này là hoạt động “du lịch sinh thái”, nơi du khách được tạo cơ hội tiếp xúc gần gũi và không tự nhiên với sư tử thông qua các tương tác “vượt ve” và “đi dạo cùng” sư tử con hoặc các tình nguyện viên quốc tế trả tiền để được tham gia vào hoạt động chăm sóc sư tử con. Quá trình chế biến xác động vật để làm thức ăn cho con người cũng tiềm ẩn nguy cơ lây nhiễm bệnh rất lớn giữa động vật hoang dã và con người [131], nguy cơ này càng gia tăng trong tình trạng các quy trình giết mổ và chế biến diễn ra tại các lò mổ không được kiểm soát, và không bị ràng buộc bởi các tiêu chuẩn vệ sinh chính thống [132]. Hơn nữa, mặc dù hoạt động buôn bán động vật hoang dã đóng vai trò quan trọng như một con đường lây truyền các sinh vật gây bệnh [12], nhưng cơ quan quản lý chịu trách nhiệm kiểm soát hoạt động xuất khẩu xương sư tử ra nước ngoài (Công ước về buôn bán quốc tế các loại động, thực vật hoang dã nguy cấp, ‘CITES’) lại quy định hạn ngạch dựa trên khoa học bảo tồn [133] và không chú trọng vào mục đích cụ thể là ngăn chặn sự du nhập của bệnh truyền từ động vật sang người.

Cũng cần lưu ý rằng bất kỳ mầm bệnh nào tồn tại trong quần thể sư tử bị nuôi nhốt cũng có thể là mối đe dọa đối với hoạt động bảo tồn các quần thể động vật hoang dã, đặc biệt là trong điều kiện các trang trại sư tử nằm gần khu vực sinh sống của sư tử hoang dã cũng như nơi công nhân trang trại sư tử và du khách tích cực tham gia vào các hoạt động khác (ví dụ như, nghiên cứu thực địa tập trung vào bảo tồn, săn bắn và du lịch chụp ảnh) dẫn đến tình trạng mang mầm bệnh tới gần sư tử hoang dã. Chẳng hạn, lửng chó hoang dã (*Nyctereutes procyonoides*) được cho là đã truyền bệnh CDV cho một nhóm hổ được nuôi trong vườn thú tại Nhật Bản [42], tương tự, sự lây truyền giun tròn đường ruột giữa thú họ mèo bị nuôi nhốt và mèo hoang địa phương đã được ghi nhận tại Brazil [134]. Các sinh vật gây bệnh đa vật chủ có thể trở thành một mối đe dọa đặc biệt đối với các trường hợp

có địa điểm hoạt động của trang trại sư tử trùng với các khu vực sinh sống của các loài ăn thịt tự do khác (cả hoang dã và được thuần hóa).

4.4. Giảm thiểu rủi ro đối với sức khỏe động vật và cộng đồng

Các biện pháp khắc phục, như cải thiện các tiêu chuẩn về phúc lợi động vật, can thiệp thú y và các quy trình an toàn sinh học có thể giúp giảm thiểu một phần nguy cơ mắc bệnh truyền nhiễm từ động vật sang người tại các cơ sở nuôi nhốt sư tử [135]. Tuy nhiên, để đối phó với các mầm bệnh không có triệu chứng có thể ảnh hưởng đến sư tử [110], quy trình an toàn sinh học yêu cầu một hệ thống kiểm soát dịch bệnh phức tạp – đây có thể là một thách thức lớn [136,137]. Ngay cả khi các quy trình kiểm soát toàn diện được áp dụng, việc xác định các mầm bệnh mới nổi vẫn là một thách thức lớn, đe dọa đáng kể đến sức khỏe động vật và sức khỏe cộng đồng [12]. Hiện tại, thông tin chi tiết về các quy trình an toàn sinh học và tiêu chuẩn quy định trong ngành chăn nuôi sư tử vẫn chưa được công bố, cũng theo đánh giá ban đầu của chúng tôi về những tài liệu nghiên cứu có liên quan, rõ ràng là vẫn chưa có các quy chuẩn và tiêu chuẩn quốc gia về bảo đảm sức khỏe cho quần thể sư tử được nuôi nhốt vì mục đích thương mại trong các trang trại.

Mặc khác, việc giảm dần quy mô hoặc chấm dứt hoạt động nuôi nhốt sư tử không vì mục đích bảo tồn ở Nam Phi có thể giúp loại bỏ các mối đe dọa đối với sức khỏe động vật và sức khỏe cộng đồng gắn liền với ngành công nghiệp này. Tuy nhiên, các nỗ lực tập trung vào cải thiện chăn nuôi, giảm nhu cầu tiêu dùng đối với sư tử (và các dẫn xuất của chúng), tăng cường thực thi và cung cấp các ưu đãi kinh tế cho công nhân trang trại sẽ cần được xem xét nhằm ngăn chặn bất kỳ hậu quả không mong muốn nào liên quan đến phúc lợi và bảo tồn sư tử cũng như sinh kế của địa phương.

4.5. Hạn chế

Chúng tôi thừa nhận rằng việc giới hạn tìm kiếm dữ liệu trong khoảng thời gian mười năm và chỉ sử dụng một cơ sở dữ liệu học thuật duy nhất sẽ hạn chế số lượng nghiên cứu có liên quan trong báo cáo của chúng tôi. Ngoài ra, chúng tôi cũng nhận thấy rằng cần phải có thêm nghiên cứu tại chỗ để xác định tỷ lệ mắc và mức độ phổ biến của các sinh vật gây bệnh cụ thể (ở cả quần thể sư tử nuôi nhốt và hoang dã), đồng thời, giúp xác định những bệnh truyền nhiễm nào có nhiều khả năng ảnh hưởng đến sư tử hơn trong những điều kiện nhất định. Tuy nhiên, chúng tôi không có ý định cung cấp một cái nhìn tổng quan toàn diện về tất cả các mầm bệnh ảnh hưởng đến sư tử châu Phi hoặc cung cấp dữ liệu thống kê cụ thể về sự xuất hiện của chúng. Thay vào đó, mục đích nghiên cứu của chúng tôi là tạo ra một bản danh sách ban đầu về các tác nhân gây bệnh chính và các bệnh có liên quan, đồng thời mô tả các mối lo ngại tiềm ẩn đối với sức khỏe của cả sư tử và con người. Mặc dù nghiên cứu của chúng tôi có thể bỏ qua một số tác nhân gây bệnh có liên quan, nhưng chúng tôi hy vọng sẽ chứng minh được rằng, chỉ cần chạm vào bề mặt của lĩnh vực này, chúng tôi đã xác định được một khía cạnh cần xem xét nhưng trước đây đã bị bỏ qua – khía cạnh sẽ ngày càng thu hút sự chú ý trong tương lai.

5. Kết luận

Các yếu tố văn hóa xã hội, chính trị, kinh tế và bảo tồn đã và đang tạo ra một cuộc tranh luận phức tạp và nhiều sắc thái xung quanh ngành công nghiệp nuôi nhốt sư tử vì mục đích thương mại tại Nam Phi [133]. Tuy nhiên, nếu không tính đến các khía cạnh kinh tế, đạo đức và môi trường, dữ liệu được trình bày trong nghiên cứu này chỉ ra rằng ngành công nghiệp nuôi nhốt sư tử tiềm ẩn nguy cơ đối với sức khỏe động vật hoang dã và sức khỏe cộng đồng. Những đánh giá ban đầu về các nghiên cứu có liên quan đã cho thấy một danh sách dài và đa dạng các sinh vật gây bệnh được cho là có ảnh hưởng đến sư tử châu Phi, một số sinh vật có thể lây truyền sang người. Với dữ liệu về các tác nhân gây bệnh đã được xác định, sự phát triển của ngành công nghiệp này trong vài thập kỷ qua và số lượng ngày càng tăng những người tiếp xúc trực tiếp với sư tử sống và/hoặc các bộ phận và

đẫn xuất của chúng, chúng tôi kiến nghị các cơ quan hữu quan cần kiểm tra, xem xét kỹ hơn các chính sách và quy trình hiện hành liên quan đến hoạt động nuôi nhốt sư tử vì mục đích thương mại, đặc biệt là dưới lăng kính an toàn sinh học. Hơn nữa, để bảo vệ sức khỏe cộng đồng và sư tử một cách thích hợp, điều tối quan trọng là các khuyến nghị xuất phát từ các cuộc kiểm tra nói trên cần phải được thực hiện với các mục tiêu có thời hạn rõ ràng, trong cả công tác triển khai và thực thi.

Đóng góp của tác giả: Khái niệm, N.D.C., J.G. và L.D.W.; phương pháp, N.D.C. và J.G.; phân tích chính thức, J.G.; điều tra, N.D.C, J.G., C.J., L.D.W., E.A., A.P. và N.B.; nguồn, N.D.C, J.G., C.J., L.D.W., E.A., A.P. và N.B.; quản lý dữ liệu, J.G.; viết—chuẩn bị bản thảo đầu tiên, J.G. và N.D.C.; viết—duyệt và biên tập, J.G., N.D.C., L.D.W., C.J.; hình ảnh, J.G.; giám sát, N.D.C. and L.D.W.; hành chính dự án, J.G. Tất cả các tác giả đã đọc và đồng ý với phiên bản được công bố của bản thảo.

Tài trợ: Nghiên cứu này không nhận tài trợ từ bên ngoài

Lời cảm ơn: Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Gilbert Sape, Edith Kabesiime, Patrick Muinde, and Paul Giess vì đã cung cấp những bình luận và phản hồi hữu ích cho phiên bản trước của bản thảo này.

Xung đột lợi ích: Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích.

References

1. Can, Ö.E.; D’Cruze, N.; Macdonald, D.W. Dealing in deadly pathogens: Taking stock of the legal trade in live wildlife and potential risks to human health. *Glob. Ecol. Conserv.* **2019**, *17*, e00515.
2. Grace, D.; Gilbert, J.; Randolph, T.; Kang’ethe, E. The multiple burdens of zoonotic disease and an ecohealth approach to their assessment. *Trop. Anim. Health Prod.* **2012**, *44*, 67–73.
3. Fukushima, C.S.; Mammola, S.; Cardoso, P. Global wildlife trade permeates the Tree of Life. *Biol. Conserv.* **2020**, *247*, 108503.
4. Zhang, T.; Wu, Q.; Zhang, Z. Probable pangolin origin of SARS-CoV-2 associated with the COVID-19 outbreak. *Curr. Biol.* **2020**, *30*, 1346–1351.e2.
5. Chapman, B. Coronavirus could deliver \$8.8 trillion hit to global economy without government intervention, bank says. *Independent* **2020**. Available at: <https://www.independent.co.uk/news/business/news/coronavirus-global-economy-impact-gdp-covid-19-a9516806.html> [Accessed on 28th August 2020]
6. Karesh, W.B.; Dobson, A.; Lloyd-Smith, J.O.; Lubroth, J.; Dixon, M.A.; Bennett, M.; Aldrich, S.; Harrington, T.; Formenty, P.; Loh, E.H.; et al. Ecology of zoonoses: Natural and unnatural histories. *Lancet* **2012**, *380*, 1936–1945, doi:10.1016/S0140-6736(12)61678-X.
7. Smith, K.M.; Zambrana-Torrel, C.; White, A.; Asmussen, M.; Machalaba, C.; Kennedy, S.; Lopez, K.; Wolf, T.M.; Daszak, P.; Travis, D.A. Summarizing US wildlife trade with an eye toward assessing the risk of infectious disease introduction. *EcoHealth* **2017**, *14*, 29–39.
8. Levinson, J.; Bogich, T.L.; Olival, K.J.; Epstein, J.H.; Johnson, C.K.; Karesh, W.; Daszak, P. Targeting Surveillance for Zoonotic Virus Discovery. *Emerg Infect Dis* **2013**, *19*, 743–747, doi:10.3201/eid1905.121042.
9. Morse, S.S.; Mazet, J.A.; Woolhouse, M.; Parrish, C.R.; Carroll, D.; Karesh, W.B.; Zambrana-Torrel, C.; Lipkin, W.I.; Daszak, P. Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis. *Lancet* **2012**, *380*, 1956–1965.
10. Petrovan, V.; Murgia, M.V.; Wu, P.; Lowe, A.D.; Jia, W.; Rowland, R.R. Epitope mapping of African swine fever virus (ASFV) structural protein, p54. *Virus Res.* **2020**, *279*, 197871.
11. Karesh, W.B.; Cook, R.A.; Bennett, E.L.; Newcomb, J. Wildlife trade and global disease emergence. *Emerg. Infect. Dis.* **2005**, *11*, 1000.
12. Watsa, M.; Group, W.D.S.F. Rigorous wildlife disease surveillance. *Science* **2020**, *369*, 145–147, doi:10.1126/science.abc0017.
13. Kimman, T.; Hoek, M.; de Jong, M.C. Assessing and controlling health risks from animal husbandry. *NJAS Wagening. J. Life Sci.* **2013**, *66*, 7–14.
14. Mukarati, N.L.; Vassilev, G.D.; Tagwireyi, W.M.; Tavengwa, M. Occurrence, prevalence and intensity of internal parasite infections of African lions (*Panthera leo*) in enclosures at a recreation park in Zimbabwe. *J. Zoo Wildl. Med.* **2013**, *44*, 686–693.

15. Whitehouse-Tedd, K.M.; Lefebvre, S.L.; Janssens, G.P. Dietary factors associated with faecal consistency and other indicators of gastrointestinal health in the captive cheetah (*Acinonyx jubatus*). *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0120903.
16. Auliya, M.; Hofmann, S.; Segniagbeto, G.H.; Assou, D.; Ronfot, D.; Astrin, J.J.; Forat, S.; Ketoh, G.K.K.; D’Cruze, N. The first genetic assessment of wild and farmed ball pythons (Reptilia, Serpentes, Pythonidae) in southern Togo. *Nat. Conserv.* **2020**, *38*, 37.
17. Dutton, A.J.; Hepburn, C.; Macdonald, D.W. A stated preference investigation into the Chinese demand for farmed vs. wild bear bile. *PLoS ONE* **2011**, *6*, e21243.
18. Moyle, B. Conservation that’s more than skin-deep: Alligator farming. *Biodivers. Conserv.* **2013**, *22*, 1663–1677.
19. Wong, T.C.; Ng, R.; Cai, L.M. Sustainability in the Fur Industry. In *Sustainability in Luxury Fashion Business*; Springer, New York City, USA, 2018; pp. 133–152.
20. Tappe, D.; Meyer, M.; Oesterlein, A.; Jaye, A.; Frosch, M.; Schoen, C.; Pantchev, N. Transmission of *Armillifer armillatus* ova at snake farm, The Gambia, West Africa. *Emerg. Infect. Dis.* **2011**, *17*, 251–254, doi:10.3201/eid1702.101118.
21. Enserink, M. Coronavirus rips through Dutch mink farms, triggering culls. *Science* **2020**, *368*, 1169–1169, doi:10.1126/science.368.6496.1169.
22. Hutchinson, A.; Roberts, D.L. Differentiating captive and wild African lion (*Panthera leo*) populations in South Africa, using stable carbon and nitrogen isotope analysis. *Biodivers. Conserv.* **2020**, 1–19.
23. Outhwaite, W. *The Legal and Illegal Trade in African Lions*; TRAFFIC, Cambridge, UK: 2018;
24. Young, E. Some important parasitic and other diseases of lion, *Panthera leo*, in the Kruger National Park. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* **1975**, *46*, 181–183.
25. Kim, K.T.; Lee, S.H.; mi Kwak, D. Dermatophytosis on an African lion and transmission to human. *대한수의학회 학술대회발표집* **2015**, 543–543.
26. Caliendo, V.; Bull, A.C.; Stidworthy, M.F. Congenital biliary tract malformation resembling biliary cystadenoma in a captive juvenile African lion (*Panthera leo*). *J. Zoo Wildl. Med.* **2012**, *43*, 922–926.
27. Kelly, P.; Marabini, L.; Dutlow, K.; Zhang, J.; Loftis, A.; Wang, C. Molecular detection of tick-borne pathogens in captive wild felids, Zimbabwe. *Parasites Vectors* **2014**, *7*, 514.
28. Molia, S.; Kasten, R.W.; Stuckey, M.J.; Boulouis, H.-J.; Allen, J.; Borgo, G.M.; Koehler, J.E.; Chang, C.C.; Chomel, B.B. Isolation of *Bartonella henselae*, *Bartonella koehlerae* subsp. *koehlerae*, *Bartonella koehlerae* subsp. *bothieri* and a new subspecies of *B. koehlerae* from free-ranging lions (*Panthera leo*) from South Africa, cheetahs (*Acinonyx jubatus*) from Namibia and captive cheetahs from California. *Epidemiol. Infect.* **2016**, *144*, 3237–3243.
29. Brüns, A.C.; Tanner, M.; Williams, M.C.; Botha, L.; O’Brien, A.; Fosgate, G.T.; Van Helden, P.D.; Clarke, J.; Michel, A.L. Diagnosis and implications of *Mycobacterium bovis* infection in banded mongooses (*Mungos mungo*) in the Kruger National Park, South Africa. *J. Wildl. Dis.* **2017**, *53*, 19–29.
30. Cross, P.C.; Heisey, D.M.; Bowers, J.A.; Hay, C.T.; Wolhuter, J.; Buss, P.; Hofmeyr, M.; Michel, A.L.; Bengis, R.G.; Bird, T.L.F. Disease, predation and demography: Assessing the impacts of bovine tuberculosis on African buffalo by monitoring at individual and population levels. *J. Appl. Ecol.* **2009**, *46*, 467–475.
31. Kosmala, M.; Miller, P.; Ferreira, S.; Funston, P.; Keet, D.; Packer, C. Estimating wildlife disease dynamics in complex systems using an Approximate Bayesian Computation framework. *Ecol. Appl.* **2016**, *26*, 295–308.
32. Maas, M.; Keet, D.F.; Rutten, V.P.; Heesterbeek, J.A.P.; Nielen, M. Assessing the impact of feline immunodeficiency virus and bovine tuberculosis co-infection in African lions. *Proceedings of the Royal Soc. B Biol. Sci.* **2012**, *279*, 4206–4214.
33. Miller, M.; Buss, P.; Hofmeyr, J.; Olea-Popelka, F.; Parsons, S.; van Helden, P. Antemortem diagnosis of *Mycobacterium bovis* infection in free-ranging African lions (*Panthera leo*) and implications for transmission. *J. Wildl. Dis.* **2015**, *51*, 493–497.
34. Miller, M.; Joubert, J.; Mathebula, N.; De Klerk-Lorist, L.-M.; Lyashchenko, K.P.; Bengis, R.; van Helden, P.; Hofmeyr, M.; Olea-Popelka, F.; Greenwald, R. Detection of antibodies to tuberculosis antigens in free-ranging lions (*Panthera leo*) infected with *Mycobacterium bovis* in Kruger National Park, South Africa. *J. Zoo Wildl. Med.* **2012**, *43*, 317–323.
35. Miller, M.A.; Buss, P.; Sylvester, T.T.; Lyashchenko, K.P.; deKlerk-Lorist, L.-M.; Bengis, R.; Hofmeyr, M.; Hofmeyr, J.; Mathebula, N.; Hausler, G. *Mycobacterium bovis* in free-ranging lions (*panthera leo*)—

- Evaluation of serological and tuberculin skin tests for detection of infection and disease. *J. Zoo Wildl. Med.* **2019**, *50*, 7–15.
36. Newkirk, K.M.; Beard, L.K.; Sun, X.; Ramsay, E.C. Investigation of enrofloxacin-associated retinal toxicity in nondomestic felids. *J. Zoo Wildl. Med.* **2017**, *48*, 518–520.
 37. Olivier, T.T.; Viljoen, I.M.; Hofmeyr, J.; Hausler, G.A.; Goosen, W.J.; Tordiffe, A.S.W.; Buss, P.; Loxton, A.G.; Warren, R.M.; Miller, M.A. Development of a Gene Expression Assay for the Diagnosis of *Mycobacterium bovis* Infection in African Lions (*Panthera leo*). *Transbound. Emerg. Dis.* **2017**, *64*, 774–781.
 38. Sylvester, T.T.; Martin, L.E.R.; Buss, P.; Loxton, A.G.; Hausler, G.A.; Rossouw, L.; van Helden, P.; Parsons, S.D.C.; Olea-Popelka, F.; Miller, M.A. Prevalence and risk factors for *Mycobacterium bovis* infection in African lions (*Panthera leo*) in the Kruger National Park. *J. Wildl. Dis.* **2017**, *53*, 372–376.
 39. de Sousa, K.C.M.; Herrera, H.M.; Secato, C.T.; do Vale Oliveira, A.; Santos, F.M.; Rocha, F.L.; Barreto, W.T.G.; Macedo, G.C.; de Andrade Pinto, P.C.E.; Machado, R.Z. Occurrence and molecular characterization of hemoplasmas in domestic dogs and wild mammals in a Brazilian wetland. *Acta tropica* **2017**, *171*, 172–181.
 40. Ribeiro, C.M.; de Matos, A.C.; Richini-Pereira, V.B.; Lucheis, S.B.; Azzolini, F.; Sipp, J.P.; Lima, P.P.; Katagiri, S.; Vidotto, O. Occurrence and phylogenetic analysis of ‘Candidatus *Mycoplasma haemominutum*’ in wild felines from Paraná, Brazil. *Semina Ciências Agrárias* **2017**, *38*, 2837–2844.
 41. Kregel, A.; Meli, M.L.; Cattori, V.; Wachter, B.; Willi, B.; Thalwitzer, S.; Melzheimer, J.; Hofer, H.; Lutz, H.; Hofmann-Lehmann, R. First evidence of hemoplasma infection in free-ranging Namibian cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *Vet. Microbiol.* **2013**, *162*, 972–976.
 42. Nagao, Y.; Nishio, Y.; Shiomoda, H.; Tamaru, S.; Shimojima, M.; Goto, M.; Une, Y.; Sato, A.; Ikebe, Y.; Maeda, K. An outbreak of canine distemper virus in tigers (*Panthera tigris*): Possible transmission from wild animals to zoo animals. *J. Veterinary Medical Science* **2011**, 1112250745–1112250745.
 43. Roelke-Parker, M.E.; Munson, L.; Packer, C.; Kock, R.; Cleaveland, S.; Carpenter, M.; O’Brien, S.J.; Pospischil, A.; Hofmann-Lehmann, R.; Lutz, H. A canine distemper virus epidemic in Serengeti lions (*Panthera leo*). *Nature* **1996**, *379*, 441–445.
 44. Alexander, K.A.; McNutt, J.W.; Briggs, M.B.; Standers, P.E.; Funston, P.; Hemson, G.; Keet, D.; Van Vuuren, M. Multi-host pathogens and carnivore management in southern Africa. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* **2010**, *33*, 249–265.
 45. Broekhuis, F.; Cushman, S.A.; Elliot, N.B. Identification of human–carnivore conflict hotspots to prioritize mitigation efforts. *Ecol. Evol.* **2017**, *7*, 10630–10639.
 46. Caillaud, D.; Craft, M.E.; Meyers, L.A. Epidemiological effects of group size variation in social species. *J. R. Soc. Interface* **2013**, *10*, 20130206.
 47. Hunter, L.T.; White, P.; Henschel, P.; Frank, L.; Burton, C.; Loveridge, A.; Balme, G.; Breitenmoser, C.; Breitenmoser, U. Walking with lions: Why there is no role for captive-origin lions *Panthera leo* in species restoration. *Oryx* **2013**, *47*, 19–24.
 48. Jackson, C.R.; Masenga, E.H.; Mjingo, E.E.; Davies, A.B.; Fossøy, F.; Fyumagwa, R.D.; Røskaft, E.; May, R.F. No evidence of handling-induced mortality in Serengeti’s African wild dog population. *Ecol. Evol.* **2019**, *9*, 1110–1118.
 49. Jhala, Y.V.; Banerjee, K.; Chakrabarti, S.; Basu, P.; Singh, K.; Dave, C.; Gogoi, K. Asiatic lion: Ecology, economics and politics of conservation. *Front. Ecol. Evol.* **2019**, *7*, 312.
 50. Konjević, D.; Sabočanec, R.; Grabarević, Ž.; Zurbriggen, A.; Bata, I.; Beck, A.; Kurilj, A.G.; Cvitković, D. Canine distemper in Siberian tiger cubs from Zagreb ZOO: Case report. *Acta Veterinaria Brno* **2011**, *80*, 47–50.
 51. McDermid, K.R.; Snyman, A.; Verreynne, F.J.; Carroll, J.P.; Penzhorn, B.L.; Yabsley, M.J. Surveillance for viral and parasitic pathogens in a vulnerable African Lion (*Panthera Leo*) population in the Northern Tuli Game Reserve, Botswana. *J. Wildl. Dis.* **2017**, *53*, 54–61.
 52. Miller, S.M.; Bissett, C.; Burger, A.; Courtenay, B.; Dickerson, T.; Druce, D.J.; Ferreira, S.; Funston, P.J.; Hofmeyr, D.; Kilian, P.J. Management of reintroduced lions in small, fenced reserves in South Africa: An assessment and guidelines. *Afr. J. Wildl. Res.* **2013**, *43*, 138–154.
 53. Norton, B.B.; Tunseth, D.; Holder, K.; Briggs, M.; Hayek, L.-A.; Murray, S. Causes of morbidity in captive African lions (*Panthera leo*) in North America, 2001–2016. *Zoo biology* **2018**, *37*, 354–359.
 54. Oates, L.; Rees, P.A. The historical ecology of the large mammal populations of Ngorongoro Crater, Tanzania, east Africa. *Mammal Rev.* **2013**, *43*, 124–141.

55. O'Brien, S.J.; Troyer, J.L.; Brown, M.A.; Johnson, W.E.; Antunes, A.; Roelke, M.E.; Pecon-Slattey, J. Emerging viruses in the Felidae: Shifting paradigms. *Viruses* **2012**, *4*, 236–257.
56. Olarte-Castillo, X.A.; Hofer, H.; Goller, K.V.; Martella, V.; Moehlman, P.D.; East, M.L. Divergent sapovirus strains and infection prevalence in wild carnivores in the Serengeti ecosystem: A long-term study. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0163548.
57. Packer, C. The African lion: A long history of interdisciplinary research. *Front. Ecol. Evol.* **2019**, *7*, 259.
58. Rafiqi, S.I.; Kumar, S.; Reena, K.K.; Garg, R.; Ram, H.; Karikalan, M.; Mahendran, K.; Pawde, A.M.; Sharma, A.K.; BANERJEE10, P. Molecular characterization of Hepatozoon sp. and Babesia sp. isolated from endangered asiatic lion (*Panthera leo persica*). *Indian J. Anim. Sci.* **2018**, *88*, 662–6.
59. Watts, H.E.; Holekamp, K.E. Ecological determinants of survival and reproduction in the spotted hyena. *J. Mammal.* **2009**, *90*, 461–471.
60. Chaber, A.-L.; Cozzi, G.; Broekhuis, F.; Hartley, R.; W. McNutt, J. Serosurvey for selected viral pathogens among sympatric species of the African large predator guild in northern Botswana. *J. Wildl. Dis.* **2017**, *53*, 170–175.
61. Risi, E.; Agoulon, A.; Allaire, F.; Le Dréan-Quénech'hdu, S.; Martin, V.; Mahl, P. Antibody response to vaccines for rhinotracheitis, caliciviral disease, panleukopenia, feline leukemia, and rabies in tigers (*Panthera tigris*) and lions (*Panthera leo*). *J. Zoo Wildl. Med.* **2012**, *43*, 248–255.
62. Trinkel, M.; Cooper, D.; Packer, C.; Slotow, R. Inbreeding depression increases susceptibility to bovine tuberculosis in lions: An experimental test using an inbred–outbred contrast through translocation. *J. Wildl. Dis.* **2011**, *47*, 494–500.
63. Adams, H.; Van Vuuren, M.; Kania, S.; Bosman, A.-M.; Keet, D.; New, J.; Kennedy, M. Sensitivity and specificity of a nested polymerase chain reaction for detection of lentivirus infection in lions (*Panthera leo*). *J. Zoo Wildl. Med.* **2010**, *41*, 608–615.
64. Broughton, H.M.; Govender, D.; Shikwambana, P.; Chappell, P.; Jolles, A. Bridging gaps between zoo and wildlife medicine: Establishing reference intervals for free-ranging african lions (*panthera leo*). *J. Zoo Wildl. Med.* **2017**, *48*, 298–311.
65. Filoni, C.; Helfer-Hungerbuehler, A.K.; Catão-Dias, J.L.; Marques, M.C.; Torres, L.N.; Reinacher, M.; Hofmann-Lehmann, R. Putative progressive and abortive feline leukemia virus infection outcomes in captive jaguarundis (*Puma yagouaroundi*). *Viol. J.* **2017**, *14*, 226.
66. Fountain-Jones, N.M.; Packer, C.; Troyer, J.L.; VanderWaal, K.; Robinson, S.; Jacquot, M.; Craft, M.E. Linking social and spatial networks to viral community phylogenetics reveals subtype-specific transmission dynamics in African lions. *J. Anim. Ecol.* **2017**, *86*, 1469–1482.
67. Hayward, J.J.; Rodrigo, A.G. Molecular epidemiology of feline immunodeficiency virus in the domestic cat (*Felis catus*). *Vet. Immunol. Immunopathol.* **2010**, *134*, 68–74.
68. Kerr, T.J.; Matthee, S.; Govender, D.; Tromp, G.; Engelbrecht, S.; Matthee, C.A. Viruses as indicators of contemporary host dispersal and phylogeography: An example of feline immunodeficiency virus (FIV le) in free-ranging African lion (*Panthera leo*). *J. Evol. Biol.* **2018**, *31*, 1529–1543.
69. Roelke, M.E.; Brown, M.A.; Troyer, J.L.; Winterbach, H.; Winterbach, C.; Hemson, G.; Smith, D.; Johnson, R.C.; Pecon-Slattey, J.; Roca, A.L. Pathological manifestations of feline immunodeficiency virus (FIV) infection in wild African lions. *Virology* **2009**, *390*, 1–12.
70. Troyer, J.L.; Roelke, M.E.; Jespersen, J.M.; Baggett, N.; Buckley-Beason, V.; MacNulty, D.; Craft, M.; Packer, C.; Pecon-Slattey, J.; O'Brien, S.J. FIV diversity: FIVPle subtype composition may influence disease outcome in African lions. *Vet. Immunol. Immunopathol.* **2011**, *143*, 338–346.
71. Van Hooft, P.; Keet, D.F.; Brebner, D.K.; Bastos, A.D. Genetic insights into dispersal distance and disperser fitness of African lions (*Panthera leo*) from the latitudinal extremes of the Kruger National Park, South Africa. *BMC Genet.* **2018**, *19*, 21.
72. Meoli, R.; Eleni, C.; Cavicchio, P.; Tonnichia, M.C.; Biancani, B.; Galosi, L.; Rossi, G. B-cell chronic lymphocytic leukaemia in an African lion (*Panthera leo*). *Veterinárni Medicína* **2018**, *63*, 433–437.
73. Harrison, T.M.; McKnight, C.A.; Sikarskie, J.G.; Kitchell, B.E.; Garner, M.M.; Raymond, J.T.; Fitzgerald, S.D.; Valli, V.E.; Agnew, D.; Kiupel, M. Malignant lymphoma in African lions (*Panthera leo*). *Vet. Pathol.* **2010**, *47*, 952–957.
74. Mourier, T.; Mollerup, S.; Vinner, L.; Hansen, T.A.; Kjartansdóttir, K.R.; Frøslev, T.G.; Boutrup, T.S.; Nielsen, L.P.; Willerslev, E.; Hansen, A.J. Characterizing novel endogenous retroviruses from genetic variation inferred from short sequence reads. *Sci. Rep.* **2015**, *5*, 15644.

75. Duarte, M.D.; Barros, S.C.; Henriques, M.; Fernandes, T.L.; Bernardino, R.; Monteiro, M.; Fevereiro, M. Fatal infection with feline panleukopenia virus in two captive wild carnivores (*Panthera tigris* and *Panthera leo*). *J. Zoo Wildl. Med.* **2009**, *40*, 354–359.
76. Gillman, L.; Sánchez, A.M.; Arbiza, J. Picobirnavirus in captive animals from Uruguay: Identification of new hosts. *Intervirology* **2013**, *56*, 46–49.
77. Ahasan, M.S.; Subramaniam, K.; Sayler, K.A.; Loeb, J.C.; Popov, V.L.; Lednicky, J.A.; Wisely, S.M.; Krauer, J.M.C.; Waltzek, T.B. Molecular characterization of a novel reassortment Mammalian orthoreovirus type 2 isolated from a Florida white-tailed deer fawn. *Virus Res.* **2019**, *270*, 197642.
78. Orbell, G.M.B.; Young, S.; Munday, J.S. Cutaneous sarcoids in captive African lions associated with feline sarcoïd-associated papillomavirus infection. *Vet. Pathol.* **2011**, *48*, 1176–1179.
79. Kraberger, S.; Serieys, L.; Fountain-Jones, N.; Packer, C.; Riley, S.; Varsani, A. Novel smacoviruses identified in the faeces of two wild felids: North American bobcat and African lion. *Arch. Virol.* **2019**, *164*, 2395–2399.
80. Chhibber-Goel, J.; Joshi, S.; Sharma, A. Aminoacyl tRNA synthetases as potential drug targets of the *Panthera* pathogen Babesia. *Parasites Vectors* **2019**, *12*, 482.
81. Githaka, N.; Konnai, S.; Kariuki, E.; Kanduma, E.; Murata, S.; Ohashi, K. Molecular detection and characterization of potentially new Babesia and Theileria species/variants in wild felids from Kenya. *Acta tropica* **2012**, *124*, 71–78.
82. Williams, B.M.; Berentsen, A.; Shock, B.C.; Teixeira, M.; Dunbar, M.R.; Becker, M.S.; Yabsley, M.J. Prevalence and diversity of Babesia, Hepatozoon, Ehrlichia, and Bartonella in wild and domestic carnivores from Zambia, Africa. *Parasitol. Res.* **2014**, *113*, 911–918.
83. Di Cesare, A.; Laiacina, F.; Iorio, R.; Marangi, M.; Menegotto, A. Aelurostrongylus abstrusus in wild felids of South Africa. *Parasitology research* **2016**, *115*, 3731–3735.
84. Berentsen, A.R.; Becker, M.S.; Stockdale-Walden, H.; Matandiko, W.; McRobb, R.; Dunbar, M.R. Survey of gastrointestinal parasite infection in African lion (*Panthera leo*), African wild dog (*Lycaon pictus*) and spotted hyaena (*Crocuta crocuta*) in the Luangwa Valley, Zambia. *Afr. Zool.* **2012**, *47*, 363–368.
85. Seltmann, A.; Webster, F.; Ferreira, S.C.M.; Cziráj, G.Á.; Wachter, B. Age-specific gastrointestinal parasite shedding in free-ranging cheetahs (*Acinonyx jubatus*) on Namibian farmland. *Parasitol. Res.* **2019**, *118*, 851–859.
86. Dubey, J.P. A review of *Cystoisospora felis* and *C. rivolta*-induced coccidiosis in cats. *Vet. Parasitol.* **2018**, *263*, 34–48.
87. Alvarado-Esquivel, C.; Gayosso-Dominguez, E.A.; Villena, I.; Dubey, J.P. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection in captive mammals in three zoos in Mexico City, Mexico. *J. Zoo Wildl. Med.* **2013**, 803–806.
88. Ferreira, S.C.M.; Torelli, F.; Klein, S.; Fyumagwa, R.; Karesh, W.B.; Hofer, H.; Seeber, F.; East, M.L. Evidence of high exposure to *Toxoplasma gondii* in free-ranging and captive African carnivores. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* **2019**, *8*, 111–117.
89. Eom, K.S.; Park, H.; Lee, D.; Choe, S.; Kang, Y.; Bia, M.M.; Lee, S.-H.; Keyyu, J.; Fyumagwa, R.; Jeon, H.-K. Molecular and morphologic identification of *Spirometra ranarum* found in the stool of African lion, *Panthera leo* in the Serengeti plain of Tanzania. *Korean J. Parasitol.* **2018**, *56*, 379.
90. Eom, K.S.; Park, H.; Lee, D.; Choe, S.; Kang, Y.; Bia, M.M.; Ndosu, B.A.; Nath, T.C.; Eamudomkarn, C.; Keyyu, J. Identity of *Spirometra theileri* from a Leopard (*Panthera pardus*) and Spotted Hyena (*Crocuta crocuta*) in Tanzania. *Korean J. Parasitol.* **2019**, *57*, 639–645.
91. Jeon, H.-K.; Kim, K.-H.; Sohn, W.-M.; Eom, K.S. Differential Diagnosis of Human Sparganosis Using Multiplex PCR. *Korean J. Parasitol.* **2018**, *56*, 295.
92. Eberhard, M.L.; Thiele, E.A.; Yembo, G.E.; Yibi, M.S.; Cama, V.A.; Ruiz-Tiben, E. Thirty-Seven Human Cases of Sparganosis from Ethiopia and South Sudan Caused by *Spirometra* Spp. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **2015**, *93*, 350–355.
93. Anderson, N.E.; Mubanga, J.; Fevre, E.M.; Picozzi, K.; Eisler, M.C.; Thomas, R.; Welburn, S.C. Characterisation of the wildlife reservoir community for human and animal trypanosomiasis in the Luangwa Valley, Zambia. *PLoS Negl. Trop. Dis.* **2011**, *5*.
94. Sheng, Z.-H.; Chang, Q.-C.; Tian, S.-Q.; Lou, Y.; Zheng, X.; Zhao, Q.; Wang, C.-R. Characterization of *Toxascaris leonina* and *Tococara canis* from cougar (*Panthera leo*) and common wolf (*Canis lupus*) by nuclear ribosomal DNA sequences of internal transcribed spacers. *Afr. J. Microbiol. Res.* **2012**, *6*, 3545–3549.

95. Xue, L.-M.; Chai, J.-B.; Guo, Y.-N.; Zhang, L.-P.; Li, L. Further studies on *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902) (Ascaridida: Ascarididae) from *Felis lynx* (Linnaeus) and *Panthera leo* (Linnaeus) (Carnivora: Felidae). *Acta Parasitol.* **2015**, *60*, 146–153.
96. Marucci, G.; La Grange, L.J.; La Rosa, G.; Pozio, E. *Trichinella nelsoni* and *Trichinella T8* mixed infection in a lion (*Panthera leo*) of the Kruger National Park (South Africa). *Vet. Parasitol.* **2009**, *159*, 225–228.
97. Maruping-Mzileni, N.T.; Funston, P.J.; Ferreira, S.M. State-shifts of lion prey selection in the Kruger National Park. *Wildl. Res.* **2017**, *44*, 28–39.
98. Groom, R.J.; Funston, P.J.; Mandisodza, R. Surveys of lions *Panthera leo* in protected areas in Zimbabwe yield disturbing results: What is driving the population collapse? *Oryx* **2014**, *48*, 385–393.
99. Roos, E.O.; Olea-Popelka, F.; Buss, P.; Hausler, G.A.; Warren, R.; Van Helden, P.D.; Parsons, S.D.; de Klerk-Lorist, L.-M.; Miller, M.A. Measuring antigen-specific responses in *Mycobacterium bovis*-infected warthogs (*Phacochoerus africanus*) using the intradermal tuberculin test. *BMC Vet. Res.* **2018**, *14*, 1–7.
100. Viljoen, I.M.; Van Helden, P.D.; Millar, R.P. *Mycobacterium bovis* infection in the lion (*Panthera leo*): Current knowledge, conundrums and research challenges. *Vet. Microbiol.* **2015**, *177*, 252–260.
101. McCain, S.; Allender, M.C.; Schumacher, J.; Ramsay, E. The effects of a probiotic on blood urea nitrogen and creatinine concentrations in large felids. *J. Zoo Wildl. Med.* **2011**, *42*, 426–429.
102. Gross-Tsbery, R.; Chai, O.; Shilo, Y.; Miara, L.; Horowitz, I.H.; Shmueli, A.; Aizenberg, I.; Hoffman, C.; Reifen, R.A.M.; Shamir, M.H. Computed tomographic analysis of calvarial hyperostosis in captive lions. *Vet. Radiol. Ultrasound* **2010**, *51*, 34–38.
103. Saqib, M.; Abbas, G.; Mughal, M.N. Successful management of ivermectin-induced blindness in an African lion (*Panthera leo*) by intravenous administration of a lipid emulsion. *BMC Vet. Res.* **2015**, *11*, 287.
104. Loots, A.K.; Cardoso-Vermaak, E.; Venter, E.H.; Mitchell, E.; Kotzé, A.; Dalton, D.L. The role of toll-like receptor polymorphisms in susceptibility to canine distemper virus. *Mamm. Biol.* **2018**, *88*, 94–99.
105. Deem, S.L.; Spelman, L.H.; Yates, R.A.; Montali, R.J. Canine distemper in terrestrial carnivores: A review. *J. Zoo Wildl. Med.* **2000**, *31*, 441–451.
106. Steinel, A.; Parrish, C.R.; Bloom, M.E.; Truyen, U. Parvovirus infections in wild carnivores. *J. Wildl. Dis.* **2001**, *37*, 594–607.
107. Keet, D.F.; Michel, A.L.; Bengis, R.G.; Becker, P.; Van Dyk, D.S.; Van Vuuren, M.; Rutten, V.; Penzhorn, B.L. Intradermal tuberculin testing of wild African lions (*Panthera leo*) naturally exposed to infection with *Mycobacterium bovis*. *Vet. Microbiol.* **2010**, *144*, 384–391.
108. Lane, E.P.; Brettschneider, H.; Caldwell, P.; Oosthuizen, A.; Dalton, D.L.; du Plessis, L.; Steyl, J.; Kotze, A. Feline panleukopaemia virus in captive non-domestic felids in South Africa. *Onderstepoort J. Vet. Res.* **2016**, *83*, 1–8, doi:10.4102/ojvr.v83i1.1099.
109. Moudgil, A.D.; Singla, L.D.; Singh, M.P. An issue of Public Health concern due to emerging drug resistance against *Toxascaris leonina* (Linstow, 1909) in Asiatic lions (*Panthera leo persica*). *Int. J. Infect. Dis.* **2016**, *45*, 105.
110. Bentubo, H.D.L.; Fedullo, J.D.L.; Corrêa, S.H.R.; Teixeira, R.H.F.; Coutinho, S.D. Isolation of *Microsporum gypseum* from the haircoat of health wild felids kept in captivity in Brazil. *Braz. J. Microbiol.* **2006**, *37*, 148–152.
111. *Anonymous personal comms*; 2019;
112. *World Health Organisation Neglected Tropical Diseases*; World Health Organisation, Geneva, Switzerland: 2020;
113. Odeniran, P.O.; Ademola, I.O. Zoonotic parasites of wildlife in Africa: A review. *Afr. J. Wildl. Res.* **2016**, *46*, 1–13.
114. De Garine-Wichatitsky, M.; Caron, A.; Kock, R.; Tschopp, R.; Munyeme, M.; Hofmeyr, M.; Michel, A. A review of bovine tuberculosis at the wildlife–livestock–human interface in sub-Saharan Africa. *Epidemiol. Infect.* **2013**, *141*, 1342–1356.
115. Probst, C.; Parry, C.D.; Rehm, J. Socio-economic differences in HIV/AIDS mortality in South Africa. *Tropical Med. Int. Health* **2016**, *21*, 846–855.
116. Tadokera, R.; Bekker, L.-G.; Kreiswirth, B.N.; Mathema, B.; Middelkoop, K. TB transmission is associated with prolonged stay in a low socio-economic, high burdened TB and HIV community in Cape Town, South Africa. *BMC Infect. Dis.* **2020**, *20*, 120.
117. Kiers, A.; Klarenbeek, A.; Mendelst, B.; Van Soolingen, D.; Koëter, G. Transmission of *Mycobacterium pinnipedii* to humans in a zoo with marine mammals. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* **2008**, *12*, 1469–1473.

118. IUCN SSC Cat Specialist Group 2020. Available at: <https://www.facebook.com/IUCN-SSC-Cat-Specialist-Group-1478766355730648/> [Accessed on 29th August 2020]
119. Peiris, J.M.; De Jong, M.D.; Guan, Y. Avian influenza virus (H5N1): A threat to human health. *Clin. Microbiol. Rev.* **2007**, *20*, 243–267.
120. Opriessnig, T.; Huang, Y. Update on possible animal sources for COVID-19 in humans. *Xenotransplantation* **2020**, *27*, doi:10.1111/xen.12621.
121. Goldstein, J.D. Bronx Zoo Tiger is Sick with Coronavirus. *The New York Times*, 2020. Available at: <https://www.nytimes.com/2020/04/06/science/tiger-cats-coronavirus.html> [Accessed on 13th August 2020]
122. Steenhuisen, F.J.; Lorimer, J.; Street, P. Didiza’s attempt to legalise the consumption of wild animals is unfathomable. Available online: <https://www.da.org.za/2020/05/didizas-attempt-to-legalise-the-consumption-of-wild-animals-is-unfathomable>. (accessed on 25th August 2020).
123. Daszak, P.; Cunningham, A.A.; Hyatt, A.D. Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife. *Acta Tropica* **2001**, *78*, 103–116.
124. Association of Zoos and Aquariums African Lion Breeding Program Receives Award from Association of Zoos & Aquariums. *News Releases*, 2018. Available at: <https://www.aza.org/aza-news-releases/posts/african-lion-breeding-program-receives-award-from-association-of-zoos--aquariums> [Accessed on 18th August 2020]
125. Williams, V.L.; Michael, J. Born captive: A survey of the lion breeding, keeping and hunting industries in South Africa. *PLoS ONE* **2019**, *14*, e0217409.
126. Fobar, R. More than 100 neglected lions found in a South African breeding facility. *National Geographic*, 2019. Available at: <https://www.nationalgeographic.co.uk/animals/2019/05/more-100-neglected-lions-discovered-south-africa-breeding-facility> [Accessed on 12th August 2020]
127. Katz, B. 108 Neglected Lions Found on South African Breeding Farm. *Smithsonian Magazine*, 2019. Available at: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/108-neglected-lions-found-south-african-breeding-farm-180972146/> [Accessed on 20th August 2020]
128. Humphrey, T. Are happy chickens safer chickens? Poultry welfare and disease susceptibility. *Br. Poult. Sci.* **2006**, *47*, 379–391.
129. Saragusty, J.; Shavit-Meyrav, A.; Yamaguchi, N.; Nadler, R.; Bdolah-Abram, T.; Gibeon, L.; Hildebrandt, T.B.; Shamir, M.H. Comparative skull analysis suggests species-specific captivity-related malformation in lions (*Panthera leo*). *PLoS ONE* **2014**, *9*, e94527.
130. Beck, M.A.; Levander, O.A. Host nutritional status and its effect on a viral pathogen. *J. Infect. Dis.* **2000**, *182*, S93–S96.
131. Woo, P.C.; Lau, S.K.; Yuen, K. Infectious diseases emerging from Chinese wet-markets: Zoonotic origins of severe respiratory viral infections. *Current opinion in infectious diseases* **2006**, *19*, 401–407.
132. Wildlife Conservation Society *Commercial Wildlife Farms in Vietnam: A Problem or Solution for Conservation?*; Wildlife Conservation Society: Hanoi, Vietnam, 2008;
133. Coals, P.; Burnham, D.; Loveridge, A.; Macdonald, D.W.; Sas-Rolfes, M. ‘t; Williams, V.L.; Vucetich, J.A. The Ethics of Human–Animal Relationships and Public Discourse: A Case Study of Lions Bred for Their Bones. *Animals* **2019**, *9*, 52, doi:10.3390/ani9020052.
134. Rendón-Franco, E.; Romero-Callejas, E.; Villanueva-García, C.; Osorio-Sarabia, D.; Muñoz-García, C.I. Cross transmission of gastrointestinal nematodes between captive neotropical felids and feral cats. *J. Zoo Wildl. Med.* **2013**, *44*, 936–940.
135. Saegerman, C.; Dal Pozzo, F.; Humblet, M.-F. Reducing hazards for humans from animals: Emerging and re-emerging zoonoses. *Italian J. Public Health* **2012**, *9*(2).
136. Halliday, J.; Daborn, C.; Auty, H.; Mtema, Z.; Lembo, T.; Bronsvort, B.M. deC.; Handel, I.; Knobel, D.; Hampson, K.; Cleaveland, S. Bringing together emerging and endemic zoonoses surveillance: Shared challenges and a common solution. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **2012**, *367*, 2872–2880, doi:10.1098/rstb.2011.0362.
137. Halliday, J.E.B.; Hampson, K.; Hanley, N.; Lembo, T.; Sharp, J.P.; Haydon, D.T.; Cleaveland, S. Driving improvements in emerging disease surveillance through locally relevant capacity strengthening. *Science* **2017**, *357*, 146–148, doi:10.1126/science.aam8332.



