

# VIRUS DELLA BURSITE INFETTIVA AVIARE ED UCCELLI SELVATICI: REVISIONE SISTEMATICA E METANALISI DEI DATI SU SCALA GLOBALE

Graziosi G.<sup>1</sup>, Catelli E.<sup>1</sup>, Fanelli A.<sup>2</sup>, Lupini C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Mediche Veterinarie, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, via Tolara di Sopra 50, 40064 Ozzano dell'Emilia (BO), Italia

<sup>2</sup> Dipartimento di Medicina Veterinaria, Università di Bari, Strada Provinciale 62, 70010 Valenzano (BA), Italia

## Summary

Infectious bursal disease virus (IBDV) is an economically important pathogen for poultry, whereas knowledge of its occurrence in non-poultry hosts is limited. The objective of this systematic review and meta-analysis was to summarize the up-to-date knowledge about the sero-viroprevalence of IBDV in wild birds on a global scale. A computerized literature research was performed on PubMed, Scopus, CAB Direct and Web of Science to find relevant publications, along with the screening of reference lists. Among 184 studies found, 36 original contributions met the pre-established criteria. A random-effect model was applied to calculate pooled seroprevalence estimates with 95% confidence intervals, whereas the paucity of virological studies ( $n = 6$ ) only allowed a qualitative description of the data. The pooled seroprevalence was estimated to be 6% (95% C.I.: 3%-9%) and a high heterogeneity was detected ( $I^2=96\%$ ). Sub-group analyses were not performed due to the scarcity of available information about hypothetical moderators. With respect to virological studies, IBDV was detected in *Anseriformes*, *Columbiformes*, *Galliformes*, *Passeriformes* and *Pelecaniformes*. With respect to serological data, our estimates showed a moderate exposure of wild birds to IBDV. Positive findings in different wild hosts underline the potential role of these species in the IBDV epidemiology at least as carriers or spreaders. Whilst a reservoir in wildlife could not be clearly identified, we believe this work provides useful insights for conducting future surveys which are needed to broaden the knowledge of IBDV occurrence in wild birds.

## INTRODUZIONE

La bursite infettiva aviare o malattia di Gumboro è causata dall'*Infectious bursal disease virus* (IBDV) ed è considerata una malattia ad eziologia virale economicamente impattante per il settore avicolo industriale. Ad oggi ne sono riconosciuti due sierotipi: il sierotipo 1 che include ceppi patogeni per il pollo, ed il sierotipo 2, apatogeno per il pollame, naturalmente presente nel tacchino e segnalato in altre specie tra cui l'Eudipte ciuffodorato (*Eudiptes chrysolophus* (BRANDT, 1837)) e la Gru canadese (*Antigone canadensis* (LINNAEUS, 1758)) (Candelora et al., 2010; Gough et al., 2002). Indipendentemente dal ceppo considerato, l'IBDV determina, nel pollo, lesioni alla borsa di Fabrizio causando un'immunosoppressione tanto più rilevante tanto più giovane è l'animale al momento dell'infezione.

A partire dagli anni '80, l'evidenza di positività molecolari, virologiche o sierologiche ad IBDV è stata segnalata in diverse specie di uccelli a vita libera. Nonostante il

crescente numero di studi sull'interfaccia avicoli allevati/avifauna selvatica, ad oggi è ancora poco studiato l'eventuale ruolo degli uccelli selvatici nell'epidemiologia dell'IBDV. Questi ultimi, infatti, considerata la loro attitudine a migrare da una parte all'altra del globo, diversa a seconda delle specie e delle popolazioni, sono in grado di trasportare lungo le rotte migratorie anche gli eventuali patogeni di cui sono *reservoir* o *carrier*. Inoltre, alcune specie si sono adattate a vivere in ambienti antropizzati, nelle città o nei pressi di allevamenti, agendo da "ponte" tra queste aree e quelle più conservate dove sono presenti specie più schive (Patankar et al., 2021). Sulla base di queste premesse, qui presentiamo la prima revisione sistematica e meta-analisi delle attuali conoscenze riguardo la prevalenza sierovirologica dell'IBDV in avifauna selvatica su scala globale.

## MATERIALI E METODI

Una revisione sistematica della letteratura ed una meta-analisi dei dati da questa estratti sono state eseguite per stimare la sieroviro-prevalenza dell'IBDV negli uccelli selvatici. Dato l'esiguo numero di studi molecolari o virologici rinvenuti, si è deciso di non analizzarli nell'insieme ma di descriverne qualitativamente i risultati ottenuti. Il Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Protocols (PRISMA-P) (Moher et al., 2015) e il PRISMA 2020 Statement (Page et al., 2021) sono stati qui adottati in modo da adeguare il contenuto agli standard internazionali.

### *Ricerca bibliografica, selezione delle pubblicazioni ed acquisizione dei dati*

Una prima fase del lavoro ha riguardato la ricerca bibliografica per il reperimento del materiale di interesse dalla letteratura. Sono quindi stati consultati un totale di quattro database online (PubMed, Scopus, CAB Direct, Web of Science) mediante le funzioni di ricerca avanzata e l'utilizzo di parole chiave e termini MeSH (Medical Subject Headings), in più sono state aggiunte manualmente ulteriori voci bibliografiche. I documenti ottenuti sono stati quindi inseriti in un foglio di Microsoft Excel (versione 16.49) e, dopo la rimozione degli studi duplicati, è stato effettuato uno screening dei lavori tramite l'applicazione ai relativi titoli ed abstract di specifici criteri di eleggibilità prestabiliti. Inoltre, non essendo stato eseguito alcun *publication bias assessment*, una sezione di "note" è stata inclusa nel foglio di calcolo Excel in modo da riportare qui eventuali elementi in grado di influire sulla qualità del dato riportato e quindi sulle successive analisi.

### *Analisi statistica*

I dati acquisiti dagli studi selezionati sono stati analizzati statisticamente tramite il software R (versione 3.5.2) (R Core Team, 2018). Per quanto riguarda i risultati degli studi sierologici, le prevalenze sono state normalizzate usando il metodo *double-arc sine* (Miller, 1978). Dopo aver individuato e rimosso eventuali *outliers* tramite una *leave-one-out analysis*, la varianza tra gli studi è stata stimata tramite un *random effects method* applicato ad un *restricted maximum-likelihood estimator* (REML). L'eterogeneità risultante dall'analisi è stata infine quantificata tramite l'indice di inconsistenza ( $I^2$ ) (Higgins & Thompson, 2002).

Riguardo i dati acquisiti dagli studi virologici/molecolari, non essendo di una consistenza numerica tale da poter realizzare una meta-analisi, ne è stata calcolata la prevalenza e stimato il 95% C.I. con il metodo "exact".

## RISULTATI

Un totale di 184 pubblicazioni è stato reperito tramite ricerca bibliografica manuale ed online. In seguito alla rimozione dei duplicati delle pubblicazioni e all'applicazione dei criteri di eleggibilità prestabiliti, sono stati presi in considerazione per questa revisione sistematica e meta-analisi un totale di 36 contributi scientifici di cui  $n = 33$  studi sierologici,  $n = 6$  studi virologici e  $n = 3$  studi siero/virologici.

Per quanto concerne gli studi sierologici, questi sono stati pubblicati tra il 1978 ed il 2020 ed hanno riguardato 20 aree del mondo con un totale di 7556 sieri di uccelli selvatici a vita libera analizzati e 1112 positività evidenziate. Il metodo più comunemente impiegato è stato l'Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), sia con metodiche messe a punto e validate *in-house* sia kit commerciali validati per il pollame. La maggioranza degli studi ha riguardato i seguenti ordini di uccelli selvatici: *Sphenisciformes* (12/33 papers), *Passeriformes* (10/33), *Columbiformes* (9/33), e *Charadriiformes* (7/33), mentre la maggiore percentuale di positività sul totale di uccelli testati è stata rilevata per gli ordini *Falconiformes* (33.3%), *Anseriformes* (32.9%), *Gruiformes* (32.7%), *Sphenisciformes* (16.8%), *Accipitriformes* (12.9%) e *Charadriiformes* (11.1%). Dopo la *leave-one-out analysis*, le pubblicazioni di Dwight et al. (2018), Hollmén et al. (2000) e Miller & Shellam (2007) sono state escluse. La *pooled seroprevalence* stimata in seguito alla rimozione degli studi *outliers* è risultata del 6% (95% C.I.: 3-9%) (Figura 1).

Riguardo i lavori in cui sono state impiegate metodiche diagnostiche virologiche/molecolari, questi coprono un range temporale dal 2009 e il 2020 e riguardano 6 paesi del mondo con un totale di 244 animali campionati e 10 casi positivi. Per la ricerca molecolare di IBDV la borsa di Fabrizio è stato l'organo maggiormente campionato e la *reverse-transcriptase* PCR il metodo impiegato. Un totale di 8 sequenze ottenute dai casi di positività è stato depositato dai rispettivi Autori in GenBank (Tabella 1). In alcuni studi, le sequenze virali provenienti da avifauna selvatica si sono dimostrate essere in stretta relazione filogenetica con ceppi *very virulent* isolati nel pollo (Jeon et al., 2008; Kasanga et al. 2008; Naggar et al. 2020) oppure con ceppi vaccinali (Naggar et al., 2020). Sono stati inoltre rinvenuti dei residui amminoacidici unici nella *hypervariable region* della *viral protein 2* (HVR-VP2) di alcuni isolati da uccelli selvatici (Kasanga et al., 2008; Naggar et al., 2020).

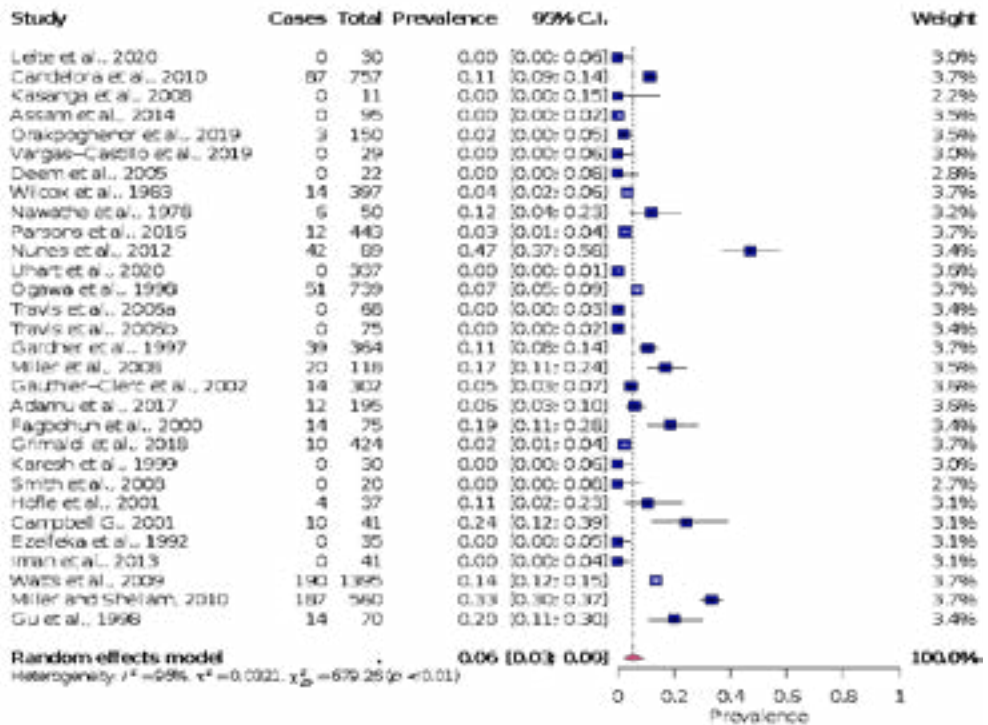
## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Ad oggi questa è la prima revisione sistematica e meta-analisi sulla circolazione di IBDV in avifauna selvatica su scala globale. Riguardo la *pooled seroprevalence*, la stima derivante dall'insieme degli studi considerati è del 6% (95% C.I.: 3-9%) ed indica una moderata esposizione all'IBDV in avifauna selvatica. La presenza di una elevata eterogeneità ( $I^2=96\%$ ) suggerisce che la variabilità osservata tra gli studi non è imputabile al caso, ma all'esistenza di variabili che non è stato possibile esplorare mediante *sub-group analysis* per carenza di dati disponibili.

Riguardo la diagnosi diretta di IBDV, l'isolamento in avifauna selvatica di ceppi correlati a *very virulent* IBDVs o a ceppi vaccinali indica l'esistenza di un contatto, a livello di interfaccia, tra domestico e selvatico. Il rinvenimento poi di nuovi residui amminoacidici nella HVR-VP2 in alcuni isolati da uccelli selvatici suggerisce che i ceppi di IBDV in questi ospiti possono andare incontro a mutazioni e quindi contribuire all'evoluzione virale.

Considerati i risultati ottenuti con questa revisione sistematica e meta-analisi, sarebbe auspicabile ampliare e continuare le indagini epidemiologiche sulla circolazione di IBDV negli uccelli selvatici dando la priorità alle specie più frequentemente rinvenute nei pressi degli allevamenti. In questa direzione sarebbe utile combinare metodi di diagnosi diretta ed indiretta nella stessa popolazione di studio, sfruttando anche eventuali campagne di inanellamento tenute da ornitologi specializzati o momenti di sorveglianza attiva di malattie denunciabili quali l'Influenza aviaria. Risulterebbe opportuna poi l'adeguata acquisizione delle informazioni sulla classe di sesso e sulle classi di età degli individui campionati, in modo da avere gli elementi utili per caratterizzarne l'eventuale significato nell'epidemiologia virale.

**Figura 1.** Forest plot della meta-analisi della prevalenza sierologica dell'IBDV in avifauna selvatica.  $I^2$  (indice di inconsistenza),  $\tau^2$  = varianza tra gli studi,  $\chi^2$  and  $p$ -value del Cochrane's Q test per l'eterogeneità.



**Tabella 1.** Sintesi degli studi virologici/molecolari sulla ricerca dell'IBDV in uccelli selvatici.

Autori	Area di studio	Periodo di studio	Campione	GenBank accession number	Identificazione dell'ospite	Prevalenza % (95% C.I.)
Naggar et al., 2020	Northern Africa	2019	Tampone cloacale	MT304668 MT304670	<i>Anseriformes</i> , <i>Pelecaniformes</i> , <i>Galliformes</i>	10.7 (0%-20%)
Vargas-Castillo et al., 2018	South America	2012-2013	Tampone cloacale	-	<i>Apodiformes</i> , <i>Columbiformes</i> , <i>Passeriformes</i>	0
Curland et al., 2018	Western Europe	2011-2014	Borsa di Fabrizio	-	<i>Galliformes</i>	3.8 (0%-11%)
Watts et al., 2009	Antarctica	2000	Borsa di Fabrizio	-	<i>Sphenisciformes</i>	0*
Kasanga et al., 2008	Eastern Africa	2005	Borsa di Fabrizio	AB306716	<i>Galliformes</i>	9.1 (8%-27%)
Jeon et al., 2008	Eastern Asia	2006-2007	Tonsille cecali	EU493342 EU493343 EU493345 EU493344 EU493341	<i>Anseriformes</i> , <i>Charadriiformes</i> , <i>Columbiformes</i> , <i>Passeriformes</i>	4.7 (0.7%-9%)

## BIBLIOGRAFIA

1. Adamu, H. U., Balami, A. G., Abdu, P. A. (2017). Avian influenza, Gumboro and Newcastle disease antibodies and antigens in apparently healthy wild birds in Kano Metropolis, Nigeria. *Nigerian Veterinary Journal*, 38, 69-77.
2. Assam, A., Abdu, P. A., Ademola, A. O., Augustine, E., & Lawal, S. (2014). Avian influenza, Newcastle and Gumboro disease antibodies and antigens in apparently healthy wild birds in Kaduna state, Nigeria. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 62.
3. Campbell, G. (2001). Investigation into evidence of exposure to infectious bursal disease virus and infectious anaemia virus in wild birds in Ireland. In: E. F. Kaleta, H. R. Ursula, H. Lange-Herbs (Eds.). *Proceedings of the II International Symposium on Infectious Bursal Disease and Chicken Infectious Anaemia, Rauschholzhausen, Germany* (pp. 230–235).
4. Candelora, K. L., Spalding, M. G., & Sellers, H. S. (2010). Survey for antibodies to infectious bursal disease virus serotype 2 in wild turkeys and Sandhill Cranes of Florida, USA. *Journal of Wildlife Diseases*, 46(3), 742-52.
5. Curland, N., Gethöffer, F., van Neer, A., Ziegler, L., Heffels-Redmann, U., Lierz, M., Baumgärtner, W., Wohlsein, P., Völker, I., Lapp, S., ..., Siebert, U. (2018). Investigation into diseases in free-ranging ring-necked pheasants (*Phasianus colchicus*) in northwestern Germany during population decline with special reference to infectious pathogens. *European Journal of Wildlife Research*, 64(12).

6. Deem, S. L., Noss, A. J., Cuéllar, R. L., & Karesh, W. B. (2005). Health evaluation of free-ranging and captive blue-fronted Amazon parrots (*Amazona aestiva*) in the Gran chaco, Bolivia. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 36(4), 598–605.
7. Dwight, I. A., Coates, P. S., Stoute, S. T., Senties-Cue, C. G., Gharpure, R. V., & Pitesky, M. E. (2018). Serologic Surveillance of Wild and Pen-reared Ring-necked Pheasants (*Phasianus colchicus*) as a method of understanding disease reservoirs. *Journal of wildlife diseases*, 54(2), 414–418.
8. Ezeifeke, G. O., Dowoh, S. K., & Umoh, J. U. (1992). Involvement of wild and domestic birds in the epidemiology of Newcastle disease and Infectious bursal disease in Zaria, Nigeria. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 40(2), 125-127.
9. Fagbohun, O. A., Owoade, A. A., Oluwayelu, D. O., Olayemi, F. O. (2000). Serological survey of infectious bursal diseases virus antibodies in cattle egrets, pigeons and Nigerian laughing doves. *African Journal of Biomedical Research*, 3.
10. Gardner, H., Kerry, K., Riddle, M., Brouwer, S., & Gleeson, L. (1997). Poultry virus infection in Antarctic penguins. *Nature*, 387(6630), 245.
11. Gauthier-Clerc, M., Eterradossi, N., Toquin, D., Guittet, M., Kuntz, G., & Le Maho, Y. (2002). Serological survey of the king penguin, *Aptenodytes patagonicus*, in Crozet Archipelago for antibodies to infectious bursal disease, influenza A and Newcastle disease viruses. *Polar Biology*, 25, 316–319.
12. Gough, R. E., Drury, S. E., Welchman Dde, B., Chitty, J. R., & Summerhays, G. E. (2002). Isolation of birnavirus and reovirus-like agents from penguins in the United Kingdom. *Veterinary Records*, 151(14), 422-424.
13. Grimaldi, W., Ainley, D. G., & Massaro, M. (2018). Multi-year serological evaluation of three viral agents in the Adélie Penguin (*Pygoscelis adeliae*) on Ross Island, Antarctica. *Polar Biology*, 41.
14. Gu, F., Li, S., Ye, X., & Liu, R. (1998) Serological investigation and artificial infection of guinea-fowls and pheasants with infectious bursal disease. *Chinese Journal of Veterinary Science and Technology*, 28(1), 22-23.
15. Higgins, J. P. T., & Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine*, 21, 1539-1558.
16. Höfle, U., Blanco, J. M., & Kaleta, E. F. (2001, 16-20 June). Neutralizing antibodies against infectious bursal disease virus in sera of free living and captive birds of prey from central Spain (preliminary results). In: E. F. Kaleta, H. R. Ursula, & H. Lange-Herbs (Eds.). *Proceedings of the II International Symposium on Infectious Bursal Disease and Chicken Infectious Anaemia, Rauschholzhausen, Germany* (pp. 247–251).
17. Hollmén, T., Franson, J. C., Docherty, D. E., Kilpi, M., Hario, M., Creekmore, L. H., & Petersen, M. R. (2000). Infectious Bursal Disease Virus antibodies in Eider Ducks and Herring Gulls. *The Condor*, 102(3), 688–691.
18. Iman, M. E., Faki, A. E., AlHassan, A. M., Selma, O. A., Egbal, S. A., Rahim, J. I., Esmat, E. (2013). Microbiological and serological studies of some poultry pathogens in wild birds in Sudan. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 61.
19. Jeon, W. J., Lee, E. K., Joh, S. J., Kwon, J. H., Yang, C. B., Yoon, Y. S., & Choi, K. S. (2008). Very virulent infectious bursal disease virus isolated from wild

- birds in Korea: epidemiological implications. *Virus Research*, 137(1), 153-156.
20. Karesh, W. B., Uhart, M. M., Frere, E., Gandini, P., Braselton, W. E., Puche, H., & Cook, R. A. (1999). Health evaluation of free-ranging rockhopper penguins (*Eudyptes chrysocomes*) in Argentina. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 30(1), 25-31.
  21. Kasanga, C. J., Yamaguchi, T., Munang'andu, H. M., Ohya, K., & Fukushi, H. (2013). Molecular epidemiology of infectious bursal disease virus in Zambia. *Journal of the South African Veterinary Association*, 84.
  22. Leite, A. T. M., Fischer, G., Hübner, S. de O., Lima, M. de., Vargas, G. D. (2020). Investigation of impact viruses in poultry health of wild birds near a free range poultry farm in Pelotas, RS. *Science and Animal Health*, 8, 73-87.
  23. Miller, J. J. (1978). The Inverse of the Freeman – Tukey Double Arcsine Transformation. *The American Statistician*, 32(4), 138.
  24. Miller, G. D., & Shellam, G. R. (2007, September 3-7). *Disease status of penguins on Macquarie Island* [Poster]. 6th international penguin conference, 2007, Hobart, Tasmania, Australia.
  25. Miller, G. D., & Shellam, G. R. (2010, August 29-September 3). *Seasonal prevalence of viral antibodies in emperor penguins at Auster Colony, Antarctica* [Poster]. 7th international penguin conference, 2010, Boston, Massachusetts, United States.
  26. Miller, G. D., Watts, J., & Shellam, G. (2008). Viral antibodies in south polar skuas around Davis Station, Antarctica. *Antarctic Science*, 20(5), 455-461.
  27. Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L.A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1).
  28. Naggar, R. F. E., Rohaim, M. A., & Munir, M. (2020). Potential reverse spillover of infectious bursal disease virus at the interface of commercial poultry and wild birds. *Virus Genes*, 56(6), 705-711.
  29. Nawathe, D. R., Onunkwo, O., & Smith, I. M. (1978). Serological evidence of infection with the virus of infectious bursal disease in wild and domestic birds in Nigeria. *The Veterinary record*, 102(20), 444.
  30. Nunes, C. F., Fonseca, F., Leite, A. T. M., da Silva Filho, R. P., Fonseca Finger, P., Castro, C. C., Fischer, G., D'ávila Vargas, G., & de Oliveira, H. S. (2012). Investigation on Newcastle Disease Virus (NDV), Infectious Bursal Disease Virus (IBDV) and Avian Poxvirus (APV) in magellanic penguins in Southern region of Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(4).
  31. Ogawa, M., Wakuda, T., Yamaguchi, T., Murata, K., Setiyono, A., Fukushi, H., & Hirai, K. (1998). Seroprevalence of infectious bursal disease virus in free-living wild birds in Japan. *Journal of Veterinary Medicine Sciences*, 60(11), 1277-1279.
  32. Orakpoghenor, O., Oladele, S. B., & Abdu, P. A. (2020). Research Note: Detection of infectious bursal disease virus antibodies in free-living wild birds in Zaria, Nigeria. *Poultry science*, 99(4), 1975–1977.
  33. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting sys-

- tematic reviews. *British Medical Journal*, 372(71).
34. Parsons, N. J., Gous, T. A., Schaefer, A. M., & Vanstreels, R. E. (2016). Health evaluation of African penguins (*Spheniscus demersus*) in southern Africa. *The Onderstepoort journal of veterinary research*, 83(1).
  35. Patankar, S., Jambhekar, R., Suryawanshi, K. R., & Nagendra, H. (2021). Which Traits Influence Bird Survival in the City? A Review. *Land*, 10(2), 92.
  36. R Core Team (2018). *A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.r-project.org/>
  37. Smith, K. M., Karesh, W. B., Majluf, P., Paredes, R., Zavalaga, C., Reul, A. H., Stetter, M., Braselton, W. E., Puche, H., & Cook, R. A. (2008). Health evaluation of free-ranging Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) in Peru. *Avian Diseases*, 52(1), 130-135.
  38. Travis, E. K., Vargas, F. H., Merkel, J., Gottdenker, N., Miller, R. E., Parker, P. G. (2006a). Hematology, plasma chemistry, and serology of the flightless cormorant (*Phalacrocorax harrisi*) in the Galapagos Islands, Ecuador. *Journal of Wildlife Diseases*, 42(1), 133-141.
  39. Travis, E. K., Vargas, F. H., Merkel, J., Gottdenker, N., Miller, R. E., & Parker, P. G. (2006b). Hematology, serum chemistry, and serology of Galápagos penguins (*Spheniscus mendiculus*) in the Galápagos Islands, Ecuador. *Journal of wildlife diseases*, 42(3), 625–632.
  40. Uhart, M., Thijl Vanstreels, R. E., Gallo, L., Cook, R. A., Karesh, W. B. (2020). Serological survey for select infectious agents in wild magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) in Argentina, 1994-2008. *Journal of Wildlife Diseases*, 56(1), 66-81.
  41. Vargas-Castillo, L., Soler-Tovar, D., Gómez, A. P., & Santander, A. F., Benavides, E., & Villamil Jiménez, L. C. (2019). Evaluation of viral agents in wild birds of the Middle-East of Colombia. *Ornitologia Colombiana*, 17.
  42. Watts, J. M., Miller, G. D., & Shellam, G. R. (2009). Infectious Bursal Disease Virus and Antarctic Birds. In: K. R. Kerry, & M. Riddle. (Eds). *Health of Antarctic Wildlife*. Berlin, Heidelberg: Springer.
  43. Watts, J. M., Miller, G. D., & Shellam, G. R. (2009). Infectious Bursal Disease Virus and Antarctic Birds. In: K. R. Kerry, & M. Riddle. (Eds). *Health of Antarctic Wildlife*. Berlin, Heidelberg: Springer.
  44. Wilcox, G. E., Flower, R. L., Baxendale, W., & Mackenzie, J. S. (1983). Serological survey of wild birds in Australia for the prevalence of antibodies to egg drop syndrome 1976 (EDS-76) and infectious bursal disease viruses. *Avian Pathology*, 12(1), 135-139.