

ペットにとっての水和
犬猫の水和バランス調整



水は不可欠な栄養素であり、生存に最も重要な栄養素と認知されています。

動物は体の脂肪やタンパク質が大幅に失われても耐えられますが、10-15%の水分の喪失は命に係わるケースもあります¹。

犬と猫の必要な水分量を求める方法はいくつかあります。一般的には、健康的なペットは水分摂取量と水分喪失量が釣り合うように飲水量を自己調節しています¹。しかしながら、これが本当に”最適な水分摂取量”あるいは”最適な水和状態”なのかは明らかではありません。人での研究では軽度の脱水(体重に対して<3%)でもパフォーマンスと認知機能に影響を及ぼしうると報告されています²⁻⁵。これがペットの場合にも当てはまるかは今のところ分かっていません⁶。

尿路結石症などの疾患は、飲水を促進することによりペットの水分摂取量が増えることによる恩恵を得られます⁶。

いくつかの研究で、水分摂取量の増加が水和指数に与える影響と、水分摂取量を増やす方法の有効性について評価されています。しかしながら、水分補給が犬猫の全身の健康と幸福にどのように影響するか理解を深めることも重要です^{6,7}。



CONTENTS

ページ

- 2** 必須栄養素および福祉要件としての水
- 2** 体内の総水分量
- 2** ペットの水分摂取
- 3** 犬猫の自由飲水に影響を与える要素
- 4** ペットの水分喪失
- 4** 水和バランスの調節
- 5** 犬猫の水和状態の評価
- 6** ペットの水分摂取量を増やすべき疾患
- 6** ペットの水分摂取を増加させる方法
- 7** 飲水促進のための新たな経口補水液の活用

必須栄養素および福祉要件としての水

水は体の中で多くの不可欠な機能を担っています。水は体内で起こる多くの化学反応の溶媒となり、血液の液体成分の大半を占め、酸素・代謝産物を輸送します。さらに水は体温調節を助け、食物の消化と尿や便として老廃物の排泄を助けます^{1,8}。

イギリス、アメリカ、ニュージーランド、オーストラリアなどの一部の当局は水を“福祉要件”とみなしています。世界小動物獣医師会 (WSAVA) は5つの動物福祉要件の順守を推奨し、その中に“適切な食事”があり、食事とともに新鮮で清潔な水への自由なアクセスが含まれています¹³。この5つの動物福祉要件は2006年にイギリスで動物福祉の一部としてつくられました⁹。またアメリカでは、2020年5月に農務省が、犬には24時間いつでも飲み水にアクセスできるようにすべきとする新たな裁定を発表しています¹⁰。

体内の総水分量

犬猫の体重に対する体内総水分量はハスキーの驚異の37%から生まれたての子猫の約80%まで幅があります。年齢、品種、研究手法、体脂肪の量により変動することが知られています¹⁴⁻²³。細胞内の水分は脂肪ではなく除脂肪組織にほぼ独占的に存在するため、体脂肪が相対的に増加すると、体重あたりの水分比率は減少します^{17,18,24,25}。ピュリナの研究により成犬成猫の体重に対する総体内水分量は約60%と示されました^{17,18}。体内の総水分量の約2/3は細胞内に存在し、1/3は細胞外に存在しますが、水は常に流動的に細胞内外を移動します。

細胞外液には血漿、間質液などが含まれます²⁴。総体内水分量は水分摂取と水分喪失のバランスで維持されます。

ペットの水分摂取

水分摂取には以下が含まれます。

- ペットが自由に飲む水；健康的なペットは恒常性を保つために通常は自己調節しています¹。
- フード中の水；通常は“水分”として表示されます。
一般的なウェットフードであれば80-85%程度ですが、ドライフードでは10%以下です⁸。
- 代謝水；エネルギーを含む栄養素を酸化する際に体内で発生します¹。



図1: エネルギーを含む栄養素を酸化する際に発生する水の量

ペット個々の飲水必要量は以下の式をもとに導くことができます¹。

- 体重 - 50-60ml/kg/day
- フードの乾物重量ベース - 2-3ml/g(乾物重量)/day
- 代謝エネルギーベース - 消費する代謝エネルギー(kcal)と水 約1:1

犬猫の自由飲水に影響を与える要素

フード、環境、活動性などいくつかの要素が自発的な水分摂取に影響を与えます。飲水は食事内容、食事回数、食事量、あるいは特殊な栄養素により刺激されます^{1,26-29}。

ある研究では、同一カロリーのフードを与えた猫グループに対して1日2-3回の食事回数に分割して与えることで、1日1回の食事を与えた場合よりも飲水量が増加したと報告されています²⁹。他の研究では自由採食にした猫は1日1回の猫よりも食事量・飲水量がともに増加しました²⁶。犬での研究で、食後の飲水量は食事の量が多いときや食事中炭水化物の量が多いときに増加したと報告されています^{27,28}。一方で猫では、食事中タンパク質を増やすことで飲水量が増加します³⁰。さらに、食事中ナトリウムを増やすことで犬猫ともに飲水量が増加します³¹⁻³⁵。

犬猫はフードに含まれる水分量に応じて飲水量を調節します。(フード中の水分量が多いほど、飲水量は減少します。)ただし、飲水量をこれ以上減らすことができない限界値もあるようです。フードの中の水分への適応に犬猫で種差があるのかは明らかになっていません^{8,35-39}。またペットは、高い気温や活動量の増大(例:使役犬)による水分喪失を自発的な飲水を増やして補うこともできます¹。

ほとんどの猫は正常な水和状態を保てますが、猫ではいくつかの特異な要素が水分摂取量の減少に関与します。

■猫は鳥やネズミなどの野生の獲物を食べる厳格な肉食動物として進化してきました。獲物に含まれる水分量は通常高く(およそ70%)⁴⁰、一般的に獲物は水よりも好まれます。獲物から水分を補給するため、猫は毎日の水の必要量を満たすための自由な水分摂取はほとんど必要ありません。

■猫は生理学的に犬よりも乾きを感じにくいです^{8,35,42}。猫は尿を犬よりも濃縮でき、これは水の節約に役立ちます^{8,35}。犬は猫よりも水を求めるのが早く、より迅速に水不足を補おうとします³⁵。

■猫は25cm以内の物体に焦点を合わせる能力が低いいため、猫はボウルの中の静水(動きのない水)を見ることが難しい可能性があります⁴³。

飲水量の減少は高齢の犬猫にとってリスクとなりえます^{6,44-46}。また、手術や疾患から回復した高齢の犬猫は水を飲まない傾向があります。高い活動を求められる使役犬や活動性の高い犬はトレーナーや飼い主が飲水に対して特別な努力をしないと必要水分量を満たせない場合があります⁴⁶。少ない飲水量は、新鮮な水へのアクセスができないペットや水が凍るほど寒い野外にいるペットにとってもリスクとなります。

ペットの水分喪失

水はいくつかの経路で体から失われます。

■尿は水の主要な喪失経路です。

溶質による必須な水分喪失 —

フードの中に含まれる栄養素の量などに左右されます (例: ミネラル)

条件的な水の喪失 —

血漿浸透圧に対する反応としてアルギニンバソプレシンによる調節^{1,8} (詳細は次のセッション)

■便^{1,8}

猫での研究の結果、尿と便に排出される相対的な水の量はフードのエネルギー含有量、脂肪含有量、消化率に影響されることが知られています。高いエネルギー密度、高い脂肪含有量、高い消化率のフードはフード摂取量の減少、便に含まれる水分量の減少、そして尿中への水分喪失割合の増加に繋がります。

■不感蒸散、例えば、呼気中の水分、特に犬のパンティングや猫のグルーミング、つまり犬猫の主要な冷却メカニズムが該当します^{1,8}。

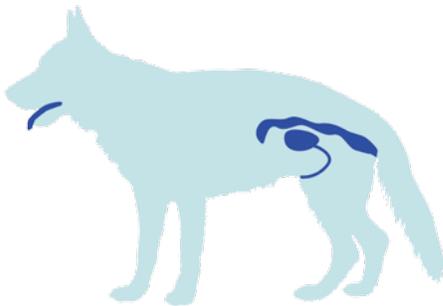


図2: 犬の水分喪失経路—尿、便そしてパンティング

高度な水の喪失は特殊な健康状態や環境に関連する可能性があります。

■嘔吐あるいは下痢²⁴

■慢性腎臓病 — 慢性腎臓病のペットでは脱水の問題が起こります。そして脱水が進行するリスクファクターになります^{47,48}

■糖尿病 — 糖尿は尿中への水分喪失を必然的に増加させます⁴⁹

■血液あるいは血漿の喪失²⁴

■高い環境温度による呼気中への排泄増加

■パンティング回数の増加を伴う使役犬や運動犬

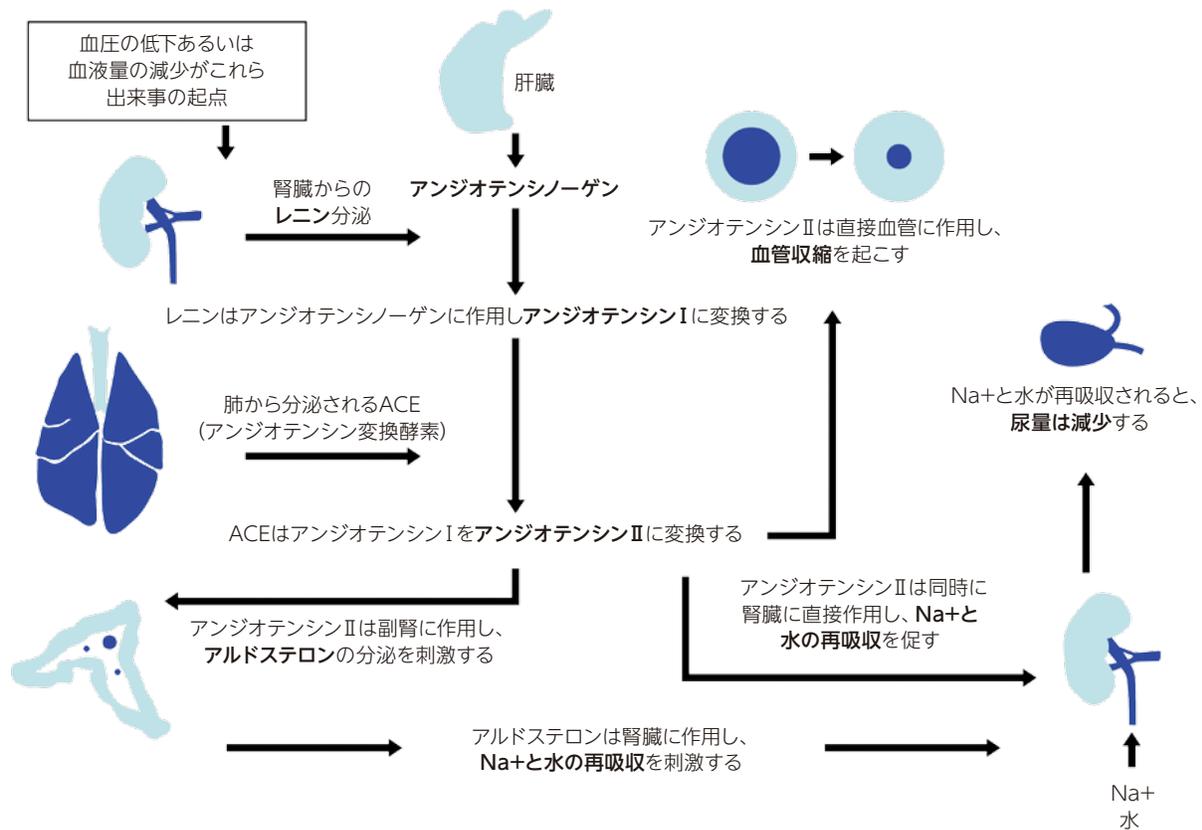
水和バランスの調節

水和バランスは水分摂取と水分喪失の差と定義されます^{1,8}。健康なペットは通常、水分摂取と水分喪失が釣り合うように自己調節が可能です¹。水和バランスは血液量と血漿浸透圧の変化に反応する体内のいくつかのホルモンにより調節されます。この調節は主なものにアルギニンバソプレシン (AVP、一般的にバソプレシンとして知られる) とレニン-アンジオテンシン-アルドステロン系を含みます。

血漿浸透圧は主にナトリウムの濃度と部分的にグルコースと尿素の濃度に影響されます。

血漿浸透圧の増加は飲水を促す渇きを刺激し、脳下垂体からのAVP放出の引き金となります。AVPは腎集合管での水再吸収を促すことで、尿の産生を抑え濃縮された尿を生成します。これは血漿浸透圧を正常化するのに役立ちます。血液量の減少もまたAVP放出を引き起こし、動脈収縮を促し血圧を上昇させます。しかし、血液量の変化に対する主な反応はレニン-アンジオテンシン-アルドステロン系により調節されます。血液量の減少あるいは血圧の低下は腎灌流量を低下させ、傍糸球体細胞からのレニン分泌を引き起こします。レニンはアンジオテンシノーゲンをアンジオテンシンIに変換します。アンジオテンシン変換酵素は次にアンジオテンシンIをアンジオテンシンIIに変換します。アンジオテンシンIIは副腎皮質を刺激してアルドステロンを放出します。これにより、遠位尿細管がナトリウムを再吸収し、水を節約します。(尿量の減少が起こります。)アンジオテンシンIIは近位尿細管にも直接影響し、ナトリウムと水の再吸収を促し動脈を収縮させることで血圧を上昇させます^{1,8,25,50}。

図3: レニン-アンジオテンシン-アルドステロン系



犬猫の水和状態の評価

臨床現場で水和状態を評価するための方法がいくつかあります。毛細血管再充満時間、粘膜の感触（例えば触れた際の粘着性や湿り気）、皮膚つまみ試験、ヘマトクリット、尿比重（USG、尿の濃さの指標）などが含まれます。

ピュリナの研究では、獣医師以外のスタッフが現場で実行できる感度の高い水和状態の評価方法を特定することを目的として、運動する使役犬でこれらの方法のいくつかを評価しました。研究者たちは、毛細血管再充満時間よりも、皮膚つまみ試験が、これらの運動犬の水和状態の信頼でき実行しやすい指標であり、体水分の約1%の喪失（急激な体重減少として計測）といった非常に軽度のレベルの脱水を評価できることを発見しました⁴⁶。

つまりは、毛細血管再充満時間は現場での脱水の進行を最小限に抑えるために便利で感度の高い手法であり、早期の水分補給を行う上で価値があります。また、研究ではUSGが健康な犬の中でも大きく異なることが示されています。一日の中であるいは犬と犬の間で幅広い“正常値”を示す可能性があり^{51,52}、“最適な水和状態”を定義する上で潜在的な交絡因子となる可能性があります。

研究/実験室の環境（すべて非侵襲的）で使用される水和状態を評価する方法には、定量的磁気共鳴画像法（QMR）、重水希釈法、および二重エネルギーX線吸収測定法が含まれます^{17,18,53}。これらは優れた研究ツールですが、現在実施可能な臨床ツールではありません。

ペットの水分摂取量を増やすべき疾患

脱水、あるいは負の水和バランスは水分摂取量が減少したペットや水分喪失が増加したペットで起こります。水分摂取量を増やすことは、罹患したペットや脱水症状になる可能性のあるペット（たとえば、高い気温の中で運動するペット）にとって有益ですが、尿路結石症のペットや特発性膀胱炎の猫にも、水分摂取量を増やすことが一般的に推奨されます⁵⁴⁻⁵⁶。水分含有量の低いフードの摂取は犬猫で結石症のリスクファクターとなることが示されています⁵⁷⁻⁵⁹。

水分摂取量を増加させる主な目的は、より希釈された尿を大量に生成することであり、その結果、尿石を形成するミネラルの相対的過飽和度（RSS）および尿中の他の刺激性物質の濃度を低下させることです。水分摂取量が増えると、排尿の頻度も増え、化合物が膀胱に留まって結石を形成したり、炎症を引き起こす時間が短くなる可能性があります^{56,60}。便秘になりやすい猫には、水分摂取量を増やすことが便を柔らかくすることを助けるため推奨されます⁶¹。

ペットの水分摂取を増加させる方法

猫の水分摂取量を増やすために、さまざまな方法が利用されてきました。ドライフードはウェットフードと比べて水分量が少ないため、ドライフードを食べる猫は水をよく飲みます。しかし、ウェットフードは水分量が多いため、フード中の水分量も含めた水分総摂取量はドライフードを食べる猫で少なくなります。（水：カロリーの比率は低くなります）^{35-37,62}。多くの研究は、70-75%を超えるフードの水分含有量（ウェットフードまたは水を加えたフード）が総水分摂取量の増加をもたらすと示唆しています^{37,62,63}。ある研究では、70%の水添加食（ドライフードに水を添加）を与えられた猫では、ドライフードを与えられた場合と比べて希釈された尿が多く生成されたと報告しています⁶³。また、自発的な水分摂取量も測定した異なる研究では、ウェットフード（水分82%）または70%の水分添加のドライフードを与えた場合、ドライフード（水分3%）を与えた時と比べて総水分摂取量が大幅に増

加し、尿量も増え、より尿は希釈されたと報告しています⁶²。さらに別の研究では、ドライフード（水分6.3%）または同じドライフードにさまざまな量の蒸留水を加えたもの（水分25.4、53.2、73.3%に調整）を与え、一日あたりの総水分摂取量が検証されました。結果として、水分73.3%のフードを食べた猫で有意な総水分摂取量の増加と、USGおよびシュウ酸カルシウムのRSSが低下しました³⁷。

ナトリウムの量を増やしたフードも飲水を促す方法の一つです。ナトリウムあるいは塩化ナトリウム（塩）を増やしたフードは水分摂取を促すことで、尿量を増やしUSGを低下させます^{31,33}。あるピュリナの研究で、塩分量を増やしたフードを与えた猫では顕著な尿量の増加と、統計的有意までには及ばない水分摂取量の増加が報告されています⁶⁴。他の研究ではナトリウムの量を増やしたドライフードを与えた猫では低ナトリウム食を与えられた猫と比べて、シュウ酸カルシウムのRSSが顕著に低下しています³²。さらに別の研究では、シュウ酸カルシウムとストルバイト両方のRSSがナトリウム含有量の高い食事を与えられた猫で顕著に低下したとしています³³。人間ではそのような食事に関して潜在的な健康上の懸念はありますが、食事の高いナトリウム³²や高い塩分^{31,65-69}が健康な猫に対して、血圧を上昇させる、心臓や腎機能に影響を与えるといったことは無いと証明されています。

ウォーターファウンテン、落下する水（例：蛇口からの水）、循環式の水は猫の飲水増加を助けるため推奨されてきました。しかしながら、研究ではどの方法も水分摂取量の増加に一概に優れているとは示されていません^{69,70}。ただし、個々の猫でみると水分摂取量の増加を示した個体もいるため、個体ごとの好みを示唆しています⁷⁰。その他の推奨としては、複数の水容器を設置する、犬のサイズのボウルを使う（猫のひげが容器に触れないようにする）、ステンレス製あるいは陶磁器製のものを用いる、飲水中に脅威を感じないような場所に水容器を設置する、などが挙げられます。

犬でも猫同様に、水分摂取量を増やす方法としてウェットフードの給与が挙げられます（あるいはドライフードへの水の添加）。犬でのいくつかの研究では、ドライフードを食べなくてもウェットフードを食べなくても食事中の水分量に応じて飲水量を変えることで総水分摂取量は変わらないことが示されています^{35,38,39}。しかし、ある研究ではこれは真実の一部であるとされています。研究者は同じ量のドライフードに水の添加量だけを変えて給与（フード体積の1/4から5倍）し、飲水量を計測しました。その結果、フードへの水の添加量が増加するに従い、水の飲水量は減少し、総水分摂取量は変わりませんでした。しかし、添加される水の量がドライフードの2倍に等しくなると、フードにさらに水を添加しても、自発的な飲水量はそれ以上減少しませんでした。これにより、犬は水分が66%を超える食事を与えた場合、総水分摂取量が増加することが明らかになりました³⁹。

犬での総水分摂取量を増加させるアプローチとして、ナトリウムあるいは塩を加えたフードが挙げられます¹。あるピュリナの研究では塩分を高めた食事を与えられた犬で尿量が大幅に増え、尿が希釈されました、統計的有意ではないですが飲水量が増える傾向がみられました⁷¹。ほかの研究ではナトリウムを増やしたドライフード³⁴や塩分を増やしたウェットフード⁷²を食べた犬で、飲水量の増加、尿量の増加、シュウ酸カルシウムのRSSの低下が示されています。さらに別の研究では、健康な犬に塩分を増やしたドライフードを与えた際に飲水量と尿量が増加し、シュウ酸カルシウムとストルバイトのRSSが低下することが報告されています³³。

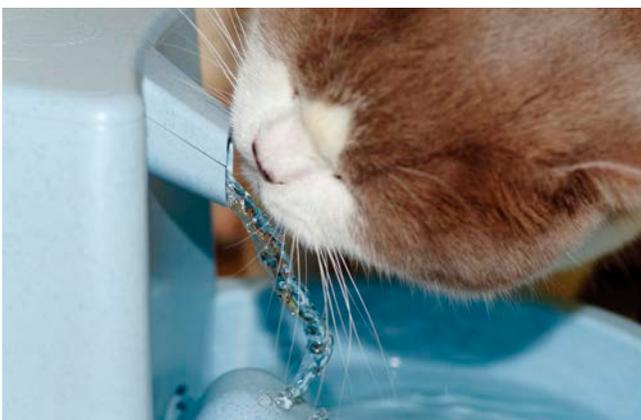


図4: ウォーターファウンテンが猫の水分摂取を促すために用いられることもあります

飲水促進のための 新たな経口補水液の活用

経口補水液の給与という総水分摂取量を増やすための新しいアプローチが考案されています。この栄養素を含み、風味のついた水はピュリナの科学者により考案され、ホエイプロテイン由来のアミノ酸とグリセリンといった天然由来のオズモライトを含みます。これらオズモライトは浸透圧勾配を利用して細胞膜を通過する水の移動を助けます⁷³。

ピュリナの科学者は、経口補水液の効果を評価する様々な研究を行い、犬猫の水和指標と毎日の水分摂取量を検証しました^{6,7,74-77}。

猫の研究は水和に対する経口補水液の有用性を示しました⁷

この研究には、18頭の健康な成猫が参加し、ベースラインとなる最初の1週間はドライフードと水道水（TW）への自由なアクセスが提供されました。（day-7～-1）その後ランダムに9頭ずつの2グループに分けられました。水道水だけを与えるグループには、ベースラインである最初の1週間と同じくドライフードと水道水を試験期間中提供しました。もう一方のグループには、はじめの11日間は水道水の代わりに経口補水液を提供し（day0-10）、その後水道水と経口補水液を別の容器で同時に提供しました。その際、毎日容器の位置は変えました（day11-56）

飲水量は毎日自動モニタリングシステムで計測しました。血液と尿サンプルはday-1、8、15、30、56日目に採取し、QMR（定量的磁気共鳴画像法）はday-1、8、15、30、43、56日目に実施し水和状態を評価しました。尿は膀胱穿刺で採取し、28-30日目あるいは31-33日目には48時間にわたって尿を採取し、総尿量を測定しました。

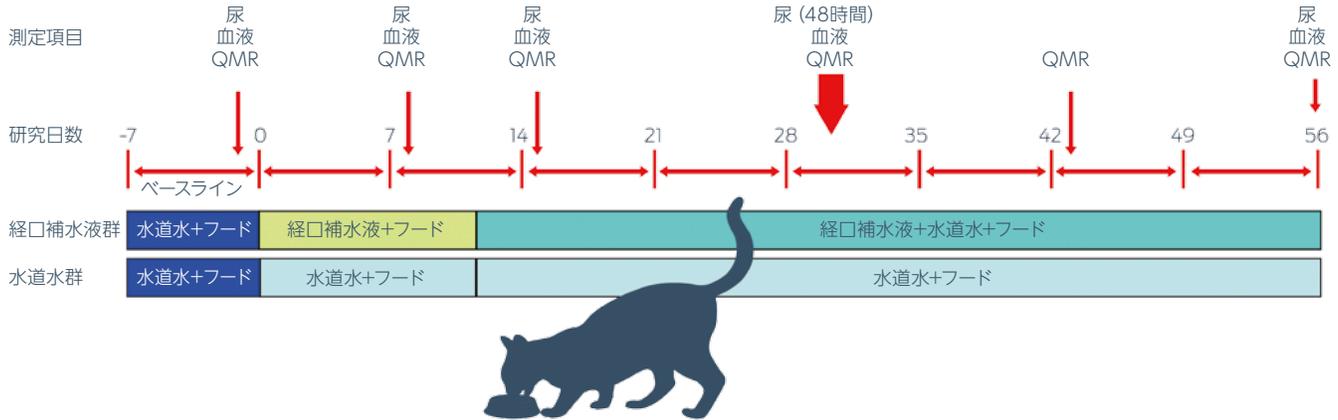


図5:
水和指標に対する経口補水液の影響を検証する研究デザイン
QMR=quantitative magnetic resonance imaging (定量的磁気共鳴画像法)

ベースラインの結果は、両グループ間で水道水と食事に差はありませんでした。経口補水液を与えたグループでweek1に顕著な水分摂取量の増加が認められ、増加量は約60%でした。(week1; 148±26g/day vs ベースライン; 93±9g/day, P=0.01) 一方で、水道水を与えたグループは有意な変化はありませんでした。Week1の飲水量は経口補水液グループで水道水グループよりも優位に多くなりました。(P=0.03)

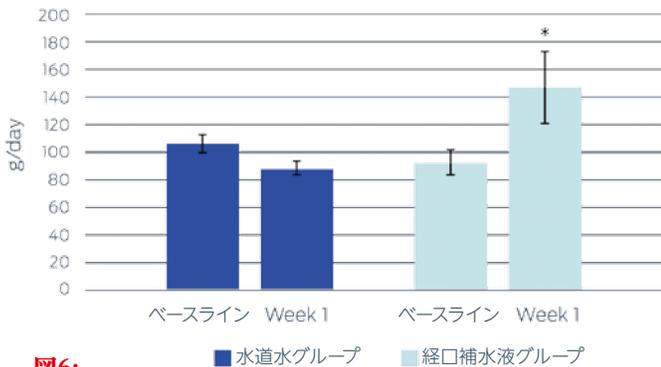


図6:
水道水あるいは経口補水液を与えられた猫の平均飲水量
*はベースラインからの有意な変化と水道水グループとの有意な差を示します

試験期間中、経口補水液グループの平均週間飲水量はおよそ40-118%の範囲でベースラインから増加しましたが、水道水グループは-15から+14%と変化がありませんでした。個体により反応に差はありましたが(経口補水液グループの3頭で飲水量が25%未満の増加、3頭で25-75%の増加、3頭で75%以上の増加)、試験全期間を通して経口補水液グループの飲水量は153±26g/dayだったのに対し、水道水

グループは104±5g/d (P≤0.05) でした。経口補水液グループの猫に、水道水と経口補水液の選択肢を用意したところ、容器の設置場所を変えた場合でも、そのほとんどが経口補水液を選択し、平均では一日あたり総水分摂取量の96.6±3%が経口補水液でした。これは経口補水液グループの水分摂取量の増加は、経口補水液を好んで飲んだことを示しています。

水分摂取量が増加した経口補水液グループでは、尿量の顕著な増加と尿の希釈がみられました。平均尿量は15.2±1.8ml/kg/dであるのに対して、水道水グループの猫は10.3±0.7ml/kg/dでした。(P=0.010) 平均尿比重は1.040±0.002g/mlに対し、水道水グループの猫は1.054±0.001g/mlでした。(P<0.001) QMRの結果、体内水分量、除脂肪体重、脂肪量にグループ間の有意な差はみられませんでした。

猫での研究は、経口補水液の風味の有無が水分摂取と水和指標である尿に影響を与えることを示しました⁷⁴

研究では経口補水液とドライフードが36頭の健康な成猫に給与されました。猫は3つのグループに分けられました。水道水グループ (n=4)、風味のない経口補水液グループ (n=16)、風味をつけた経口補水液グループ (n=16)。

すべてのグループはベースラインの水分摂取量を測定するために、水道水の自由飲水と体重当たりの維持量のドライフードを給与しました (period 1)。水道水グループは試験期間中、水道水の自由飲水だけを水の供給源として与え、経口補水液グループ、風味をつけた経口補水液グループにはそれぞれの経口補水液をベースラインの飲水量と同量を17日間にわたって提供しました (period 2)。さらにそこから10日間はベースラインの1.5倍量 (period 3)、続く10日間はベースラインの2倍量を提供しました (period 4)。これらは水道水の自由飲水に加えて提供しました。水道水の自由飲水と食事量を計測しました。尿量と尿比重を測定するために各試験の終わり48時間付近で採尿しました。

period 1のすべての猫の水道水の平均飲水量は、 118 ± 26 ml/dayでした。個別の猫では79-200 ml/dayと広い幅がありました。period 1と比べてperiod 3とperiod 4では風味付けのない経口補水液グループの猫で顕著な一日当たりの飲水量増加がみられました ($P < 0.01$)。風味をつけた経口補水液グループの猫ではperiod 1の飲水量と比較して、period 2で一日当たりの平均飲水量は約18%増加し ($P = 0.04$)、period 3では57% ($P < 0.01$)、period 4では96% ($P < 0.01$)増加しました。水道水グループの猫では一日当たりの平均飲水量に有意な変化はみられませんでした。

風味のない経口補水液と風味をつけた経口補水液を消費した猫では、これらを飲水オプションとして提供されると水道水の飲水量は一度減少しましたが、その後は残りの試験期間中安定して飲んでいました。

平均の一日当たりの尿量は水道水グループの猫では有意な変化はありませんでしたが、風味の有無に関わらず経口補水液を与えたグループでperiod 3とperiod 4ではperiod 1と比較して有意に増加しました。 ($P < 0.01$)

経口補水液を給与した猫ではUSGの数値として尿が希釈され、風味のない経口補水液グループの猫では21-31%、風味のある経口補水液グループでは39-62%の幅でperiod 1と比較してperiod 2-4では低下していました。 ($P < 0.001$)

QMRを利用した体水分割合を評価したピュリナの研究では、ルーチンで行う麻酔手順の2~3時間前に健康な猫に経口補水液を提供することが、術前、術中、術後の十分な水和状態を確保するのに役立つ可能性があることが示されました⁷⁶。

健康な猫を対象としたこの一連の研究は、経口補水液の摂取が水分摂取量を高め、水和状態を改善することを示しています。また、これらの研究は、経口補水液を与えることは、健康上の問題を抱えている猫や、水分摂取量を増やすことがメリットに繋がる脱水状態になりやすい猫の飲水を促進する方法を提供する可能性を示唆しています。

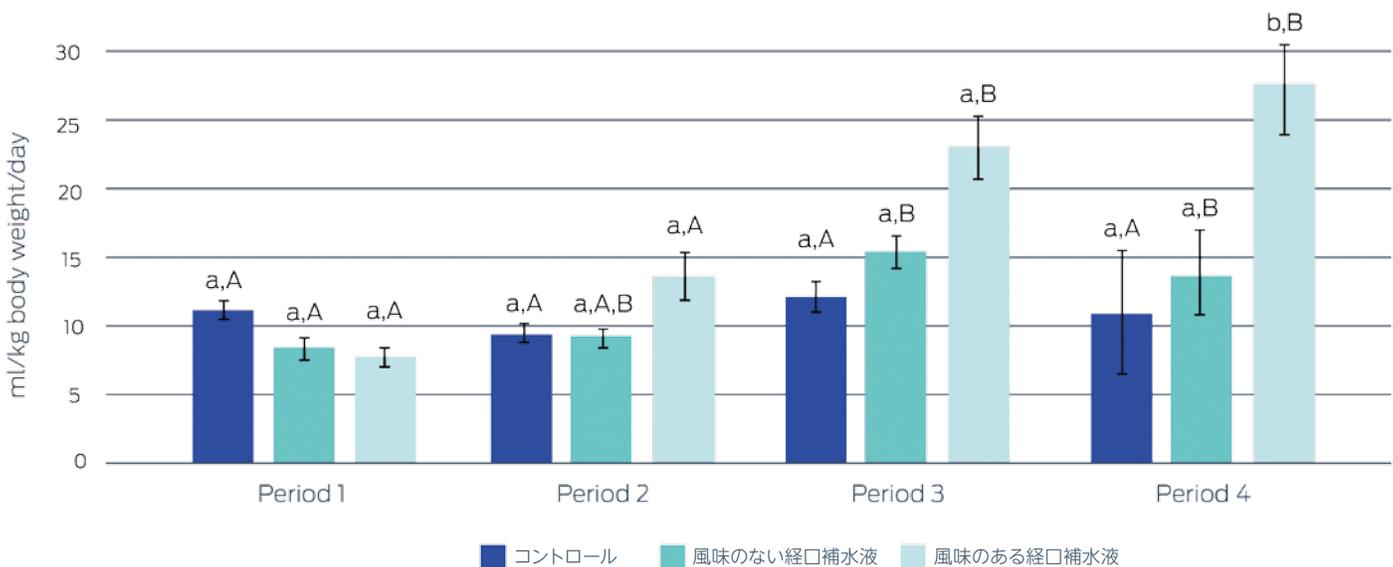


図7:

水道水 (コントロール)、風味のない経口補水液、風味をつけた経口補水液を提供した猫の尿量。
a-cの文字が異なるときは、同一period内で有意差があることを示します。A-Cの文字が異なるときは、時間の経過に伴うグループ内の有意差を示します。

犬での研究は経口補水液は総水分摂取量と水初の指標となる尿に影響を与える⁶

ピュリナの科学者による試験的研究（未発表）の結果、ベースラインのUSGが1.015未満の健康な犬では水分摂取量を増やしても、尿の希釈に影響がないことを示しました。したがって、将来の研究では、水分摂取量の増加に伴うUSGの減少を検出するために、USGが1.015以上の健康な犬の事前スクリーニングと組み込みが必要でした。

この研究ではドライフードを与えられている16頭の小型犬が参加し、USGのベースラインが均一になるようグループ分けをされました。試験期間中ドライフードは体重維持量を給与しました。9日間のベースライン期間の後、水道水の入ったボウルへの自由なアクセスに加えて、半数の犬には水道水の入ったボウルを提供し、もう半数には経口補水液の入ったボウルを56日間提供しました。49日間は水道水と経口補水液を0.5ml/kcal（代謝エネルギー）で1日2回に分けてボウルに入れて、中程度の飲水を評価しました。50-56日目には2.1ml/kcal（代謝エネルギー）で1日2回に分けて提供し、短期間の“多量の”飲水について評価しました。代謝エネルギーはベースライン期間の摂食を基に算出しました。

ベースラインでの測定の後（day-7）、USGを14,42,56日目に測定しました。総水分摂取量（水道水と経口補水液の合計）と食事は毎日計測しました。総水分摂取量は飲水による分に加えて、フード中の水分と推定される代謝水で算出しました。

ベースラインの総水分摂取量の平均は2グループ間で有意な差はなく、研究期間中の食事性のカロリー摂取も差はありませんでした。ベースラインと比較して総水分摂取量は試験期間中の水道水のグループで変化はありませんでしたが、経口補水液のグループでは2週目を除いて有意に増加しました。（ $P < 0.05$ ）多量に飲水できるweek8の間は経口補水液のグループの総水分摂取量はさらに増加しました。（ $P < 0.001$ ）体重当たりに換算すると、経口補水液のグループのweek8における平均の総水分摂取量はベースラインの $71 \pm 12 \text{ ml/kg/day}$ から $156 \pm 13 \text{ ml/kg/day}$ に増加しました。（ $P < 0.001$ ）

ピュリナの研究は、ペットが経口補水液を飲んでいるとき一日の水分摂取量が増加し、水初の指標が改善することを示しました。

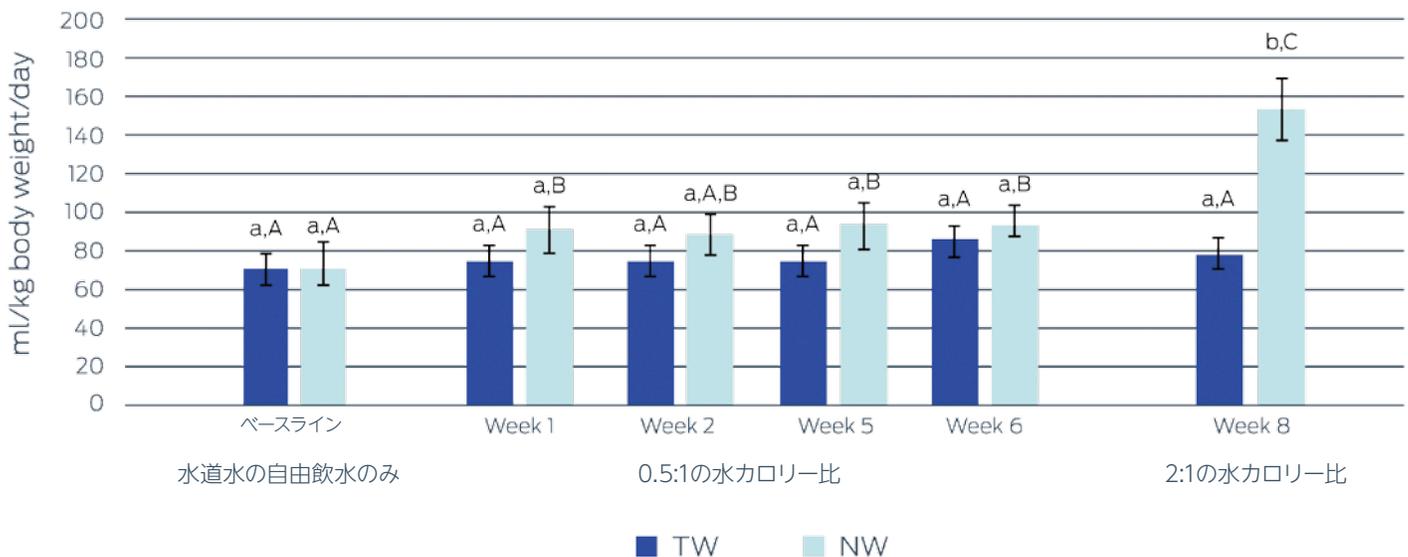


図8: 水道水あるいは経口補水液を提供したときの犬の総水分摂取量
a-cの文字が異なるときは、同一period内で有意差があることを示します。A-Cの文字が異なるときは、時間の経過に伴うグループ内の有意差を示します。

各ボウル提供中のボウルからの飲水量にグループ間で有意な差がありました。(P<0.001)中程度の水を提供したweek1-7では、経口補水液のグループではほぼ100%の経口補水液を飲みましたが、水道水のグループではボウルの水の10-20%しか水を飲みませんでした。多量の水を提供した最終週では、経口補水液のグループの犬で平均91%の経口補水液を飲みましたが、水道水のグループの犬では有意な変化はありませんでした。経口補水液のグループではベースラインと比較して10-30%水道水の自由飲水量が減少しましたが、水道水のグループでは6週目を除いて2%以下でした。これらの結果は経口補水液のグループの犬での経口補水液に対する嗜好性の高さを示しています。

尿比重と尿浸透圧はベースラインの時点では両グループで同様でした。経口補水液のグループでは、USGは42日目で1.018g/ml、56日目に1.014g/mlとなりベースラインの1.026g/mlと比較して有意に低下し(P<0.01)、尿浸透圧も有意に低下しました。(P<0.05)水道水のグループではUSGだけでなく尿比重もベースラインと比較して有意な変化は見られませんでした。

使役犬を使った研究では、経口補水液が体温に影響を与え、運動後の心拍数を回復させることがわかりました⁷⁷

暖かく適度な湿度下で最大30分間の運動を行った使役犬でのクロスオーバー試験で、経口補水液の運動後の回復に対する影響が評価されました。4日間のベースライン期間の後、12頭の若い成犬はバケツに入った水道水の自由飲水とともにドライフードを給与し、11日間の試験期間ボウルに水道水あるいは経口補水液を量を調節して与えました。一連の運動は-4、3、11日目に行いました。深部体温、耳の温度、心拍数を運動の前後で数回測定しました。犬は平日は訓練を受けており、夜間と週末しか自宅にいないため水分摂取量は測定されませんでした。体重は運動の前後に水分喪失の指標として測定しました。

3日目に、運動後の回復中の深部体温を測定したところ、経口補水液のグループは水道水のグループと比較して0.6℃低かったです。(P=0.002)11日目に耳の平均温度は約0.3℃、心拍数は3-4回/分、経口補水液のグループで低かったです。運動の前後の体重の変化から水分補給自体は同様にされているように推測されました。

科学者は、水道水を自由に摂取しながら経口補水液を摂取することで運動後の回復が改善したと結論づけました。体温上昇と心拍数の上昇は、倦怠感、パフォーマンスの低下、または熱ストレスが持続する一因となる可能性があるため、運動中の犬に経口補水液を提供することが有益な場合があります。

水が生存にとって最も重要な栄養素であるという事実にもかかわらず、ペットの健康に対する水の影響は見過ごされがちです。体内の水分バランスは常に流動状態にあります。健康な動物は、損失に合わせて水分摂取量を自己調節できるようですが、これが最適な水分補給であるかどうか、そしてより多くの水分摂取から健康的な動物がメリットを得られるかどうかを含め、全体的な健康にどのように影響するかは完全には理解されていません。

脱水症状を起こしやすい犬や猫、尿路結石などの健康状態のある犬や猫には、水分摂取量を増やすことをお勧めします。歴史的に、ペットの水分摂取を促進するためのさまざまな方法が利用されてきましたが、最近発表された研究では、経口補水液の使用が総水分摂取量を増やし、犬と猫の水和状態の指標を改善することが示されています。





REFERENCES

1. National Research Council. (2006). *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. National Academies Press.
2. Armstrong, L. E., Ganio, M. S., Casa, D. J., Lee, E. C., McDermott, B. P., Klau, J. F., Jimenez, L., Le Bellego, L., Chevillotte, E., & Lieberman, H. R. (2012). Mild dehydration affects mood in healthy young women. *Journal of Nutrition*, 142(2), 382-388. doi: 10.3945/jn.111.142000
3. Stachenfeld, N. S., Leone, C. A., Mitchell, E. S., Freese, E., & Harkness, L. (2018). Water intake reverses dehydration associated impaired executive function in healthy young women. *Physiology & Behavior*, 185, 103-111. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.12.028
4. Ganio, M. S., Armstrong, L. E., Casa, D. J., McDermott, B. P., Lee, E. C., Yamamoto, L. M., Marzano, S., Lopez, R. M., Jimenez, L., Le Bellego, L., Chevillotte, E., & Lieberman, H. R. (2011). Mild dehydration impairs cognitive performance and mood of men. *British Journal of Nutrition*, 106(10), 1535-1543. doi: 10.1017/S0007114511002005
5. James, L. J., Funnell, M. P., James, R. M., & Mears, S. A. (2019). Does hypohydration really impair endurance performance? Methodological considerations for interpreting hydration research. *Sports Medicine*, 49(Suppl 2), 103-114. doi: 10.1007/s40279-019-01188-5
6. Zanghi, B. M., & Gardner, C. L. (2018). Total water intake and urine measures of hydration in adult dogs drinking tap water or a nutrient-enriched water. *Frontiers in Veterinary Science*, 5. doi: 10.3389/fvets.2018.00317
7. Zanghi, B. M., Gerheart, L., & Gardner, C. L. (2018). Effects of a nutrient-enriched water on water intake and indices of hydration in healthy cats fed a dry kibble diet. *American Journal of Veterinary Research*, 79(7), 733-744.
8. Case, L. P., Daristotle, L., Hayek, M. G., & Raasch, M. F. (2011). *Canine and feline nutrition: A resource for companion animal professionals* (3rd ed.). Mosby.
9. The National Archives. (2007, April 6). *Animal welfare act 2006: Promotion of welfare*. <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2006/45/crossheading/promotion-of-welfare> [Accessed 8 July 2020]
10. Animal and Plant Health Inspection Service. (2020, May 13). *Federal Register: Animal welfare; amendments to licensing provisions and to requirements for dogs*. <https://www.federalregister.gov/documents/2020/05/13/2020-07837/animal-welfare-amendments-to-licensing-provisions-and-to-requirements-for-dogs#h-32>
11. Parliamentary Counsel Office New Zealand Government. *Animal Welfare Act 1999* (Reprint as at 9 May 2020). <http://www.legislation.govt.nz/act/public/1999/0142/latest/DLM49664.html>
12. RSPCA Australia. (2019, May 2). *RSPCA knowledgebase: RSPCA Australia animals charter*. <https://kb.rspca.org.au/knowledge-base/rspca-australia-animals-charter/>
13. Ryan, S., Bacon, H., Endenburg, N., Hazel, S., Jouppi, R., Lee, N., Seksel, K., & Takashima, G. (2018). *WSAVA animal welfare guidelines for companion animal practitioners and veterinary teams*. <https://wsava.org/wp-content/uploads/2019/12/WSAVA-Animal-Welfare-Guidelines-2018.pdf>
14. Yaguiyan-Colliard, L., Daumas, C., Nguyen, P., Grandjean, D., Cardot, P., Priymenko, N., & Roux, F. (2015). Evaluation of total body water in canine breeds by single-frequency bioelectrical impedance analysis method: Specific equations are needed for accuracy. *BMC Research Notes*, 8, 336. doi: 10.1186/s13104-015-1298-2
15. Munday, H. S. (1994). Assessment of body composition in cats and dogs. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 18(Suppl 1), S14-S21.
16. Wamberg, S., Sandgaard, N. C. F., & Bie, P. (2002). Simultaneous determination of total body water and plasma volume in conscious dogs by the indicator dilution principle. *Journal of Nutrition*, 132(Suppl), 1711S-1713S.
17. Zanghi, B. M., Cupp, C. J., Pan, Y., Tissot-Favre, D. G., Milgram, N. W., Nagy, T. R., & Dobson, H. (2013). Noninvasive measurements of body composition and body water via quantitative magnetic resonance, deuterium water, and dual-energy x-ray absorptiometry in awake and sedated dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 74, 733-743.
18. Zanghi, B. M., Cupp, C. J., Pan, Y., Tissot-Favre, D. G., Milgram, N. W., Nagy, T. R., & Dobson, H. (2013). Noninvasive measurements of body composition and body water via quantitative magnetic resonance, deuterium water, and dual-energy x-ray absorptiometry in cats. *American Journal of Veterinary Research*, 74, 721-732.
19. Herrold, M., & Sapirstein, L. A. (1952). Measurement of total body water in the dog with antipyrine. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 79(3), 419-421. doi: 10.3181/00379727-79-19399
20. Yaguiyan-Colliard, L., Daumas, C., Bousbiat, S., Jaffrin, M., Cardot, P., Grandjean, D., Priymenko, N., Nguyen, P., & Roux, F. (2015). Indirect prediction of total body water content in healthy adult Beagles by single-frequency bioelectrical impedance analysis. *American Journal of Veterinary Research*, 76, 547-553.
21. Moore, F. D., Muldowney, F. P., Haxhe, J. J., Marczyńska, A. W., Ball, M. R., & Boyden, C. M. (1962). Body composition in the dog. I. Findings in the normal animal. *Journal of Surgical Research*, 2(4), 245-253. doi: 10.1016/S0022-4804(62)80017-1
22. Elliott, D. A., Backus, R. C., Van Loan, M. D., & Rogers, Q. R. (2002). Extracellular water and total body water estimated by multifrequency bioelectrical impedance analysis in healthy cats: A cross-validation study. *Journal of Nutrition*, 132(Suppl), 1760S-1762S.
23. Bauer, J. H., Willis, L. R., Burt, R. W., & Grim, C. E. (1975). Volume studies. II. Simultaneous determination of plasma volume, red cell mass, extracellular fluid, and total body water before and after volume expansion in dog and man. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 86(6), 1009-1017.
24. Greco, D. S. (1998). The distribution of body water and general approach to the patient. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 28(3), 473-482.
25. Carlson, G. P. (1997). Fluid, electrolyte, and acid-base balance. In J. Kaneko, J. Harvey, & M. Bruss (Eds.), *Clinical biochemistry of domestic animals* (5th ed., pp. 485-516). doi: 10.1016/B978-012396305-5/50019-1

26. Finco, D. R., Adams, D. D., Crowell, W. A., Stattelman, A. J., Brown, S. A., & Barsanti, J. A. (1986). Food and water intake and urine composition in cats: Influence of continuous versus periodic feeding. *American Journal of Veterinary Research*, 47(7), 1638-1642.
27. Golob, P., O'Connor, W. J., & Potts, D. J. (1984). Increase in weight and water retention on overfeeding dogs. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 69(2), 245-256. doi: 10.1113/expphysiol.1984.sp002803
28. Golob, P., O'Connor, W. J., & Potts, D. J. (1977). Post-prandial drinking by dogs. *Quarterly Journal of Experimental Physiology & Cognate Medical Sciences*, 62(3), 275-285. doi: 10.1113/expphysiol.1977.sp002399
29. Kirschvink, N., Lhoest, E., Leemans, J., Delvaux, F., Istasse, L., Gustin, P., & Diez, M. (2005). Effects of feeding frequency on water intake in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 19(3), 476.
30. Funaba, M., Hashimoto, M., Yamanaka, C., Shimogori, Y., Iriki, T., Ohshima, S., & Abe, M. (1996) Effects of a high-protein diet on mineral metabolism and struvite activity product in clinically normal cats. *American Journal of Veterinary Research*, 57(12), 1726-1732.
31. Luckschander, N., Iben, C., Hosgood, G., Gabler, C., & Biourge, V. (2004). Dietary NaCl does not affect blood pressure in healthy cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 18(4), 463-467.
32. Hawthorne, A. J., & Markwell, P. J. (2004). Dietary sodium promotes increased water intake and urine volume in cats. *Journal of Nutrition*, 134(8 Suppl), 2128S-2129S.
33. Queau, Y., Bijsmans, E. S., Feugier, A., & Biourge, V. C. (2020). Increasing dietary sodium chloride promotes urine dilution and decreases struvite and calcium oxalate relative supersaturation in healthy dogs and cats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. doi: 10.1111/jpn.13329
34. Stevenson, A. E., Hynds, W. K., & Markwell, P. J. (2003). Effect of dietary moisture and sodium content on urine composition and calcium oxalate relative supersaturation in healthy miniature schnauzers and labrador retrievers. *Research in Veterinary Science*, 74, 145-151.
35. Anderson, R. S. (1982). Water balance in the dog and cat. *Journal of Small Animal Practice*, 23(9), 588-598. doi: 10.1111/j.1748-5827.1982.tb02519.x
36. Seefeldt, S. L., & Chapman, T. E. (1979). Body water content and turnover in cats fed dry and canned rations. *American Journal of Veterinary Research*, 40(2), 183-185.
37. Buckley, C. M. F., Hawthorne, A., Colyer, A., & Stevenson, A. E. (2011). Effect of dietary water intake on urinary output, specific gravity and relative supersaturation for calcium oxalate and struvite in the cat. *British Journal of Nutrition*, 106, S128-S130. doi:10.1017/S0007114511001875
38. Ramsay, D. J., & Thrasher, T. N. (1991). Regulation of fluid intake in dogs following water deprivation. *Brain Research Bulletin*, 27, 495-499. doi: 10.1016/0361-9230(91)90148-d
39. Cizek, L. J. (1959). Long-term observations on relationship between food and water ingestion in the dog. *American Journal of Physiology*, 197, 342-346. doi: 10.1152/ajplegacy.1959.197.2.342-346
40. Zoran, D. L., & Buffington, C. A. F. (2011). Effects of nutrition choices and lifestyle changes on the well-being of cats, a carnivore that has moved indoors. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 239(5), 596-606. doi: 10.2460/javma.239.5.596
41. Prentiss, P. G., Wolf, A. V., & Eddy, H. A. (1959). Hydropenia in cat and dog. Ability of the cat to meet its water requirements solely from a diet of fish or meat. *American Journal of Physiology*, 196(3), 625-632. doi: 10.1152/ajplegacy.1959.196.3.625
42. Chew, R. M. (1965). Water metabolism of mammals. In V. Mayer & R. G. van Gelder (Eds.), *Physiological mammalogy: Mammalian reactions to stressful environments* (pp. 43-178). Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-395674-3.50008-6
43. Brown, S. L., & Bradshaw, J. W. S. (2014). Communication in the domestic cat: Within- and between-species. In D. C. Turner & P. Bateson (Eds.), *The domestic cat: The biology of its behavior* (3rd ed., pp. 37-59). Cambridge University Press.
44. Fahey, G. C., Jr., Barry, K. A., & Swanson, K. S. (2008). Age-related changes in nutrient utilization by companion animals. *Annual Review of Nutrition*, 28, 425-445. doi: 10.1146/annurev.nutr.28.061807.155325
45. Bellows, J., Center, S., Daristotle, L., Estrada, A. H., Flickinger, E. A., Horwitz, D. F., Lascelles, B. D. X., Lepine, A., Perea, S., Scherk, M., & Shoveller, A. K. (2016). Aging in cats: Common physical and functional changes. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 18(7), 533-550. doi: 10.1177/1098612X16649523
46. Goucher, T. K., Hartzell, A. M., Seales, T. S., Anmuth, A. S., Zanghi, B. M., & Otto, C. M. (2018). Evaluation of skin turgor and capillary refill time as predictors of dehydration in exercising dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 80(2), 123-128.
47. Greene, J. P., Lefebvre, S. L., Wang, M., Yang, M., Lund, E. M., & Polzin, D. J. (2014). Risk factors associated with the development of chronic kidney disease in cats evaluated at primary care veterinary hospitals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 244(3), 320-327. doi: 10.2460/javma.244.3.320
48. Elliott, D. A. (2012). Nutritional management of kidney disease. In A. J. Fascetti & S. J. Delaney (Eds.), *Applied veterinary clinical nutrition* (pp. 251-267). Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/9781118785669.ch15
49. Fascetti, A. J., & Delaney, S. J. (2012) Nutritional management of endocrine diseases. In A. J. Fascetti & S. J. Delaney (Eds.), *Applied veterinary clinical nutrition* (pp. 289-300). Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/9781118785669.CH17
50. Lote, C. (2006). The renin-angiotensin system and regulation of fluid volume. *Surgery (Oxford)*, 5(1), 154-159. doi: 10.1383/surg.2006.24.5.154

51. van Vonderen, I. K., Kooistra, H. S., & Rijnberk, A. (2008). Intra- and interindividual variation in urine osmolality and urine specific gravity in healthy pet dogs of various ages. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 11(1), 30-35. doi: 10.1111/j.1939-1676.1997.tb00070.x
52. Guerrero, S., Pastor, J., Tvarijonavičiute, A., Cerón, J. J., Balestra, G., & Caldin, M. (2017). Analytical validation and reference intervals for freezing point depression osmometer measurements of urine osmolality in dogs. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 29(6), 791-796. doi: 10.1177/1040638717726114
53. Spears, J. K., & Zanghi, B. (2017). Measurement of body composition and body water using quantitative magnetic resonance in preweaning puppies. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31(4), 1325.
54. Lulich, J. P., Berent, A. C., Adams, L. G., Westropp, J. L., Bartges, J. W., & Osborne, C. A. (2016). ACVIM small animal consensus recommendations on the treatment and prevention of uroliths in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30(5), 1564-1574. doi: 10.1111/jvim.14559
55. Palm, C., & Westropp, J. (2011). Cats and calcium oxalate: Strategies for managing lower and upper tract stone disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13, 651-660. doi: 10.1016/j.jfms.2011.07.018
56. Queau, Y. (2019). Nutritional management of urolithiasis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 49, 175-186. doi: 10.1016/j.cvsm.2018.10.004
57. Lekcharoensuk, C., Osborne, C. A., Lulich, J. P., Pusoonthornthum, R., Kirk, C. A., Ulrich, L. K., Koehler, L. A., Carpenter, K. A., & Swanson, L. L. (2001). Association between dietary factors and calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate urolithiasis in cats. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 219(9), 1228-1237. doi: 10.2460/javma.2001.219.1228
58. Lekcharoensuk, C., Osborne, C. A., Lulich, J. P., Pusoonthornthum, R., Kirk, C. A., Ulrich, L. K., Koehler, L. A., Carpenter, K. A., & Swanson, L. L. (2002). Associations between dietary factors in canned food and formation of calcium oxalate uroliths in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 63(2), 163-169. doi: 10.2460/ajvr.2002.63.163
59. Lekcharoensuk, C., Osborne, C. A., Lulich, J. P., Pusoonthornthum, R., Kirk, C. A., Ulrich, L. K., Koehler, L. A., Carpenter, K. A., & Swanson, L. L. (2002). Associations between dry dietary factors and canine calcium oxalate uroliths. *American Journal of Veterinary Research*, 63(3), 330-337. doi: 10.2460/ajvr.2002.63.330
60. Osborne, C. A., Lulich, J. P., Forrester, D., & Albasan, H. (2009). Paradigm changes in the role of nutrition for the management of canine and feline urolithiasis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 39(1), 27-41. doi: 10.1016/j.cvsm.2008.10.001
61. Pittari, J., Rodan, I., Beekman, G., Gunn-Moore, D., Polzin, D., Taboada, J., Tuzio, H., & Zoran, D. (2009). American association of feline practitioners. Senior care guidelines. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11(9), 763-778. doi: 10.1016/j.jfms.2009.07.011
62. Thomas, D. G., Post, M., & Bosch, G. (2017). The effect of changing the moisture levels of dry extruded and wet canned diets on physical activity in cats. *Journal of Nutritional Science*, 6, e9. doi: 10.1017/jns.2017.9
63. Deng, P., Iwazaki, E., Suchy, S. A., Pallotto, M. R., & Swanson, K. S. (2014). Effects of feeding frequency and dietary water content on voluntary physical activity in healthy adult cats. *Journal of Animal Science*, 92, 1271-1277. doi: 10.2527/jas2013-7235
64. Xu, H., Laflamme, D. P., Bartges, J. W., & Long, G. L. (2006). Effect of dietary sodium on urine characteristics in healthy adult cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20, 738.
65. Cowgill, L. D., Segev, G., Bandt, C., Stafford, C., Kirby, J., Naylor, S., Neal, L., Queau, Y., Lefebvre, H. P., & Polzin, D. (2007). Effects of dietary salt intake on body fluid volume and renal function in healthy cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 21(3), 600-601.
66. Xu, H., Laflamme, D. P., & Long, G. L. (2009). Effects of dietary sodium chloride on health parameters in mature cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11(6), 435-441. doi: 10.1016/j.jfms.2008.10.001
67. Reynolds, B. S., Chetboul, V., Nguyen, P., Testault, I., Concordet, D. V., Carlos Sampedrano, C., Elliott, J., Trehieu-Sechi, E., Abadie, J., Biourge, V., & Lefebvre, H. P. (2013). Effects of dietary salt intake on renal function: a 2-year study in healthy aged cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27(3), 507-515. doi: 10.1111/jvim.12074
68. Chetboul, V., Reynolds, B. S., Trehieu-Sechi, E., Nguyen, P., Concordet, D., Sampedrano, C. C., Testault, I., Elliott, J., Abadie, J., Biourge, V., & Lefebvre, H. P. (2014). Cardiovascular effects of dietary salt intake in aged healthy cats: a 2-year prospective randomized, blinded, and controlled study. *PLoS One*, 9(6), e97862. doi: 10.1371/journal.pone.0097862
69. Grant, D. C. (2010). Effect of water source on intake and urine concentration in healthy cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 12(6), 431-434. doi: 10.1016/j.jfms.2009.10.008
70. Robbins, M. T., Cline, M. G., Bartges, J. W., Felty, E., Saker, K. E., Bastian, R., & Witzel, A. L. (2019). Quantified water intake in laboratory cats from still, free-falling and circulating water bowls, and its effects on selected urinary parameters. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 21(8), 682-690. doi: 10.1177/1098612X18803753
71. Xu, H., Si, X., Bhatnagan, S., & Laflamme, D. (2017). Effect of high sodium diet on urine characteristics in healthy adult dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31, 1320.

72. Lulich, J. P., Osborne, C. A., & Sanderson, S. L. (2005). Effects of dietary supplementation with sodium chloride on urinary relative supersaturation with calcium oxalate in healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 66(2), 319-324.
73. Foster, A. R., El Chami, C., O'Neill, C. A., & Watson, R. E. B. (2020). Osmolyte transporter expression is reduced in photoaged human skin: Implications for skin hydration in aging. *Aging Cell*, 19(1), e13058. doi: 10.1111/accel.13058
74. Zanghi, B. M., Wils-Plotz, E., DeGeer, S., & Gardner, C. L. (2018). Effects of a nutrient-enriched water with and without poultry flavoring on water intake, urine specific gravity, and urine output in healthy domestic cats fed a dry kibble diet. *American Journal of Veterinary Research*, 79(11), 1150-1159.
75. Wils-Plotz, E., & Zanghi, B. (2019). Nutrient-enriched water supplements nutritionally support hydration in the domestic cat. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33(5), 2516.
76. Zanghi, B., McGivney, C., Eirmann, L., & Barnes, M. (2019). Hydration measures in cats during brief anesthesia: Intravenous fluids versus pre-procedure water supplement ingestion. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33(5), 2514.
77. Zanghi, B. M., Robbins, P. J., Ramos, M. T., & Otto, C. M. (2018). Working dogs drinking a nutrient-enriched water maintain cooler body temperature and improved pulse rate recovery after exercise. *Frontiers in Veterinary Science*, 5. doi: 10.3389/fvets.2018.00202



Advancing Science for Pet Health

Learn more at
<https://www.purinainstitute.com/ja>

PURINA TRADEMARKS ARE OWNED BY SOCIÉTÉ DES PRODUITS NESTLÉ S.A.
ANY OTHER MARKS ARE PROPERTY OF THEIR RESPECTIVE OWNERS. RC/CRCE